This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

Eng 1509.07.19

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY

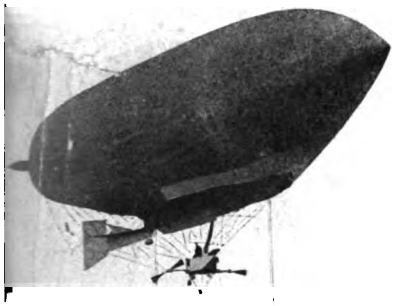
Digitized by Google

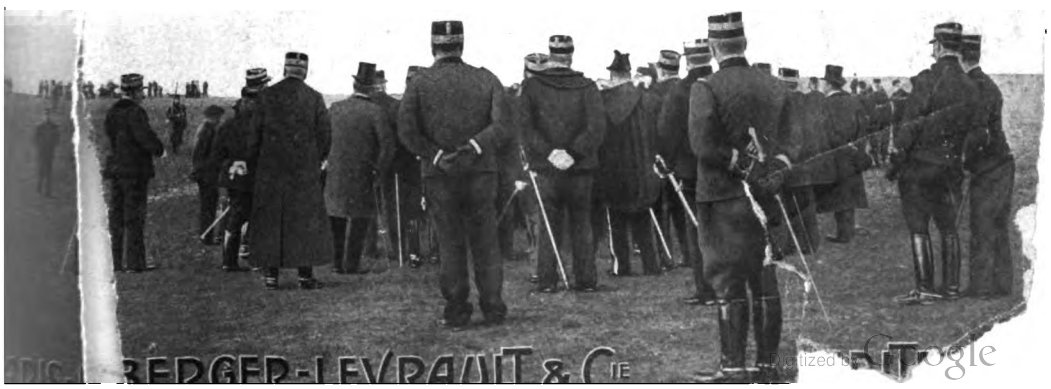
Digitized by Google

Digitized by Google

pitaine L. Sa erac de Forge

A CONQUÊTE
DE L'AIR





RERGER-LEVRAULT & Cie

Digitized by Google

Digitized by Google

LA

Conquête de l'Air

Digitized by Google

Digitized by Google

L. SAZERAC DE FORGE
CAPITAINE BREVETÉ

La Conquête de l'Air

LE PROBLÈME DE LA LOCOMOTION AÉRIENNE
LES DIRIGEABLES ET L'AVIATION — LEURS APPLICATIONS

Avec 136 gravures, figures et portraits

BERGER-LEVRAULT & Cie, ÉDITEURS

PARIS
5, RUE DES BEAUX-ARTS, 5

NANCY
18, RUE DES GLACIS, 18

1907

Digitized by Google

Eng 5509.07.19

HARVARD COLLEGE LIBRARY
TRANSFERRED FROM
BLUE HILL OBSERVATORY
1938

Digitized by Google

AVANT-PROPOS

La science vient de s'enrichir d'une branche nouvelle : le ballon dirigeable, considéré hier encore comme une utopie irréalisable, est enfin, après cent vingt années de tâtonnements et d'efforts, entré dans la voie de la réalisation pratique, grâce à M. Julliot, avec ce merveilleux instrument qu'est le *Lebaudy*.

L'homme est maintenant maître du dernier élément qui lui échappait encore : l'air.

Cette grande invention, qui s'est révélée dans notre cher pays de France, la patrie de l'aérostation, a reçu immédiatement la plus noble des consécrations : elle a été jugée digne de contribuer, en cas de guerre, à la défense du territoire national.

Il est donc, en ce moment, spécialement intéressant de jeter un coup d'œil sur la passionnante question de la locomotion aérienne.

*

Digitized by Google

Avant tout, nous rendrons hommage à ceux qui, par leur labeur et au risque de leur vie, ont peu à peu franchi les étapes qui nous ont menés à la réussite.

En parcourant sommairement la série de leurs efforts, nous verrons se dégager de l'étude et de l'expérience les éléments quelque peu complexes du problème de la direction des ballons.

Nous montrerons ensuite par quels moyens le *Lebaudy* et son cadet la *Patrie* ont résolu les principales difficultés, et pourquoi la France a, sur ce terrain comme sur bien d'autres, une notable avance sur l'étranger.

S'il n'est pas trop osé de jeter dès aujourd'hui un regard sur l'avenir, nous chercherons à nous rendre compte des perfectionnements qui sont encore à désirer, de ceux surtout dont on peut dès maintenant prévoir la réalisation prochaine.

Cela nous amènera à dire quelques mots des machines aériennes, qui, aujourd'hui, commencent à peine à se soulever de terre d'un vol hésitant et incertain, comme l'oiseau qui vient de naître, mais qui peut-être, un jour, deviendront des concurrents du ballon dirigeable.

Mais à quoi servirait l'outil si on n'était pas fixé sur son emploi, sur la nature et l'étendue des services qu'il est susceptible de rendre?

Qu'on nous permette donc d'essayer de les esquisser dans la seconde partie de cette modeste étude,

Digitized by Google

sans autre ambition que de provoquer la discussion et d'engager de plus autorisés que nous à donner leur opinion sur ce sujet si nouveau et si captivant de la locomotion aérienne.

L. Sazerac de Forge.

P.-S. — Nous nous sommes efforcé de prendre tous nos renseignements aux meilleures sources, de les vérifier dans la mesure du possible. Toutefois, malgré la scrupuleuse conscience que nous avons apportée à la rédaction de cette étude, il se peut que nous ayions laissé échapper quelques erreurs ou inexactitudes. Nous serions extrêmement reconnaissant aux personnes qui voudront bien nous les signaler.

L. S. de F.

Digitized by Google

Digitized by Google

LETTRE-PRÉFACE DE M. JULLIOT

Paris, le 20 novembre 1906.

Mon cher Capitaine,

Je viens de lire avec le plus grand plaisir et le plus vif intérêt le manuscrit de votre bel ouvrage sur « La Conquête de l'air ».

Je vous remercie vivement de l'honneur que vous m'avez fait en me le soumettant et je m'empresse de vous féliciter chaleureusement de ce travail si complet, si scrupuleusement vrai, si clair, si attachant, et d'une si réelle valeur dans ses exposés, ses conceptions et ses critiques.

C'est la première fois que je trouve développé avec netteté et compétence le côté militaire de la question.

Je saurai toujours, personnellement, le plus grand gré à l'officier, qui, témoin des plus importantes ascensions du « Lebaudy », a su si bien distinguer et décrire les caractères de notre œuvre, m'ouvrant à moi-même les horizons les

Digitized by Google

plus nouveaux sur l'utilisation de notre dirigeable pour la grandeur de la France.

Si je puis vous reprocher quelque chose, c'est seulement d'avoir été à maintes reprises trop élogieux à mon endroit.

Agréez, mon cher Capitaine, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

H. Julliot,

Ingénieur.

Digitized by Google

OUVRAGES CONSULTÉS

La navigation aérienne de M. Lecornu (Vuibert et Nony, éditeurs).
Notices historiques et *Conférence* de M. Julliot sur le *Lebaudy*.
Notice et *Conférence* du colonel Renard.
Études du capitaine Ferber (*Les progrès de l'Aviation*, etc., Berger-Levrault et Cie, éditeurs).
Aérophile, Aéronautique, Revue d'Artillerie.
Articles divers de MM. de Masfrand, de Saint-Fégor, etc.

Digitized by Google

Digitized by Google

LA
Conquête de l'Air

PREMIÈRE PARTIE
L'OUTIL

CHAPITRE PREMIER
LES DÉBUTS

De tout temps l'homme a voulu dominer la nature, asservir les éléments; si sa force physique est limitée, son cerveau, capable de raisonnement et d'imagination, a cherché par l'imitation et par l'invention les moyens de modifier ce qui l'entourait dans un sens qu'il considérait comme un perfectionnement.

C'est ainsi que, depuis les temps les plus reculés, il s'est efforcé de rendre plus confortables et plus rapides les moyens de se déplacer, en même temps qu'il s'aventurait dans des régions ou des milieux où il n'avait pas encore pénétré.

Nous avons autour de nous trois éléments : la terre, l'eau et l'air, qui diffèrent essentiellement, mais qui, tous trois, devaient tenter l'homme tour à tour.

Placés par la nature à la surface du sol, il était naturel que nous cherchions tout d'abord à modifier nos

Digitized by Google

conditions de déplacement sur ce sol : l'asservissement des animaux tracteurs, l'invention des roues et de tous les véhicules qui s'ensuivirent, plus tard l'apparition de forces propulsives artificielles, telles que la vapeur, l'électricité, le pétrole, sont les principales étapes des progrès accomplis de ce côté.

Voyant certains animaux flotter ou nager, l'homme devait avoir aussi, de bonne heure, l'idée de faire comme eux ou même mieux qu'eux : d'où, en dehors de la natation elle-même, l'invention de la barque, devenue par la suite bâtiment à voile puis bateau à vapeur. Ces dernières années même, on trouvait le moyen de plonger et de se mouvoir, avec les sous-marins, à l'intérieur des eaux, réalisant l'une des prédictions les plus curieuses de Jules Verne.

Mais l'air, comment se fait-il qu'il se soit écoulé tant de siècles avant qu'on ait pu arriver à le conquérir ?

On a cependant cherché à le faire dès l'antiquité la plus reculée aussi bien que de nos jours; on s'est efforcé d'imiter les oiseaux, de se maintenir et de se mouvoir dans les airs; les souvenirs et les légendes le prouvent surabondamment : Mercure, messager des dieux, n'avait-il pas des ailes aux pieds ? Les anges n'ont-ils pas toujours été représentés avec une gracieuse paire de grandes ailes ? La tentative de fuite de Dédale et Icare s'élançant du haut d'une falaise à pic sur la mer, après avoir savamment disposé sur leurs bras un système de grandes plumes minutieusement décrit par Ovide, est-il autre chose que ce que nous appellerions aujourd'hui une expérience d'aviation ?

Cela est bien établi : à maintes reprises nos aïeux ont cherché à s'élancer dans l'espace, mais ils n'ont *pas pu* y arriver.

Et cela s'explique dès qu'on analyse un peu la question en étudiant la nature des éléments.

En dehors des mouvements des mondes qui se perpé-

Digitized by Google

tuent dans le vide de l'immensité par inertie et sans éprouver aucune résistance, tout déplacement voulu nécessite un point d'appui.

Le sol, ferme et solide, constituant un point d'appui sûr, il ne pouvait y avoir la moindre difficulté à se mouvoir sur lui.

L'eau est un élément d'une densité très grande, incompressible, le moindre effort suffit pour faire glisser les corps qui flottent à sa surface. En outre, les eaux des mers et des lacs se déplacent peu ; celles des rivières ont un cours plus ou moins rapide mais à peu près régulier.

Dans l'air il en est tout autrement : c'est un milieu très léger, essentiellement fluide, c'est-à-dire dont les molécules se déplacent les unes par rapport aux autres avec la plus grande facilité, n'offrant donc qu'une résistance extrêmement faible aux efforts que l'on peut faire pour prendre appui sur elles.

En outre, c'est un milieu très compressible : si, devant un effort brusque, les molécules n'ont pas le temps de glisser et de s'enfuir, elles se compriment, se serrant les unes contre les autres, cédant par conséquent devant l'effort, rendant ainsi particulièrement difficile la recherche du point d'appui.

Tandis que la densité de l'eau est très voisine de celle du corps humain, que par conséquent beaucoup de corps flottent à sa surface tout naturellement, l'air, lui, est environ 800 fois plus léger. Ce seul chiffre suffirait à faire ressortir les immenses difficultés que l'on éprouve à s'élever dans cet élément.

Enfin l'atmosphère offre encore un autre caractère important, qui n'est apparu avec toutes ses conséquences aux yeux des observateurs que depuis fort peu de temps : l'air se déplace très vite, et d'une façon irrégulière et changeante : le vent n'est qu'un déplacement de l'air ; on sait combien il varie en intensité et en direction, et aux différentes couches de l'atmosphère les courants

Digitized by Google

soufflent en sens différents, parfois opposés, et avec des vitesses inégales.

Nous reviendrons d'ailleurs un peu plus tard sur cette notion essentielle à l'étude du problème de la locomotion aérienne.

Ces quelques remarques expliquent assez l'échec complet de toutes les tentatives faites autrefois pour suivre les oiseaux dans leur empire.

Aussi ne voyons-nous pendant de longs siècles que des essais bizarres, curieux, variés, mais tous incapables de produire aucun résultat autre que celui d'augmenter la liste des victimes des sciences.

Il est toutefois intéressant de constater parmi ces tentatives faites sans méthodes, au hasard de l'imagination de chacun, des appareils qui sont bien nettement les précurseurs de ceux qui, aujourd'hui, sont entrés dans la phase de l'utilisation pratique, ou semblent près d'y entrer. Nous y voyons de tout : des ballonnets de gaz, des parachutes, des ailes de plume et des ailes mécaniques, des ailettes analoques à des hélices, des plans inclinés, des cerfs-volants, etc. Mais il leur manquait à tous l'aide des sciences, qui ne devaient éclôre qu'au dix-huitième siècle, étayant le raisonnement et procurant les moyens matériels d'exécution.

C'est ainsi qu'au dix-septième siècle **Cyrano de Bergerac** espère explorer le ciel après avoir enfermé de la rosée dans un chapelet de fioles dont il s'entoure comme d'une ceinture de sauvetage, puis qu'il s'imagine pouvoir s'élever avec un appareil à réaction comme les fusées d'artifice [1].

Le premier projet où se manifeste nettement la recherche d'un ballon dirigeable plus léger que l'air semble être celui du père jésuite **Lana** : dans une étude

1. Nous avons puisé la plupart des renseignements relatifs à la première partie de ce chapitre dans l'ouvrage historique très documenté de M. Lecornu, auquel nous renvoyons le lecteur pour plus amples détails.

Digitized by Google

fort curieuse publiée en 1670, il se proposaitde faire le vide dans quatre ballons de cuivre attachés à une barque, espérant que le tout se soulèverait et que l'adjonction d'une voile permettrait de le diriger. Nous verrons plus loin sur quelles erreurs capitales repose cette double conception.

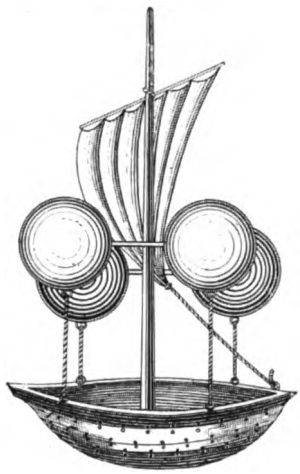


Fig. 1.
Projet du père Lana (1670)
Première étude connue d'un dirigeable à ballon plus léger que l'air.

C'est le 5 juin 1783 qu'est née l'aérostation. Ce jour-là, sur la place publique d'Annonay, petite ville de l'Ardèche, s'élevait dans les airs un grand sac de papier contenant de l'air chaud.

Les frères **Montgolfier**, fabricants de papier, étaient depuis plusieurs années hantés par l'idée d'ascension; ils avaient déjà essayé en vain divers procédés, lorsque l'un d'eux fut frappé d'un trait de lumière en remarquant le mouvement de bas en haut de la fumée d'un humble foyer. Ils se rendirent compte que l'air chaud étant dilaté pèse moins que l'air ambiant. Une poche remplie de ce fluide doit donc s'élever, si la poche n'est pas trop lourde. Diverses expériences les ayant confirmés dans la réalité de ce phénomène, ils construisirent un grand sac de 866 m³, au-dessous duquel un réchaud entretenait la chaleur. L'appareil monta à plus de 300 m. et ne retomba qu'au bout d'un quart d'heure, tout doucement.

Le principe sur lequel repose cette expérience est tout simplement la loi d'Archimède, d'après laquelle tout corps plongé dans un fluide éprouve une poussée de bas en haut égale au poids du fluide déplacé; si le corps

Digitized by Google

plongé est plus lourd, il tend à descendre, s'il est moins lourd, il s'élève. Le poids de l'air chaud de la montgolfière, ajouté à celui de l'enveloppe, était inférieur au poids des 866 m. d'air déplacés.

Fig. 2.

La montgolfière. Premier aérostat (air chaud) 5 juin 1783.

Cette expérience eut dans la France entière un retentissement énorme; elle fut répétée plusieurs fois, avec le même succès.

Digitized by Google

« Par une coïncidence qui n'est pas sans exemple dans l'histoire, écrit le colonel Renard [1], peu de temps avant la découverte de Montgolfier, en 1766, un élément nouveau, l'hydrogène, venait d'être découvert et isolé par Cavendish. Frappés de l'extraordinaire légèreté de ce gaz, plusieurs physiciens éminents avaient essayé d'utiliser cette propriété pour élever dans les airs de petits appareils.

« Mais les tentatives avaient échoué; un obstacle, misérable en apparence, avait arrêté les efforts des physiciens, qui n'avaient pu trouver aucune enveloppe à la fois assez légère et assez imperméable pour retenir l'hydrogène et s'élever avec lui au sein de l'atmosphère. »

On avait surtout exécuté les expériences avec des ballons trop petits [2]. Pour réussir il suffisait d'augmenter les dimensions; nul n'y avait songé auparavant. Les expériences de Montgolfier, avec son immense poche à air chaud, donnèrent l'idée de l'imiter en substituant l'hydrogène en ballon fermé à cet air chaud d'un effet forcément irrégulier et d'un entretien très dangereux; c'est ce que fit le physicien Charles, presque immédiatement après les ascensions d'Annonay.

Le 21 novembre de la même année, Pilâtre de Rozier

---

1. Conférence du 8 avril 1886 à la Société des Amis des sciences.

2. Le plus simple calcul montre qu'avec des ballons petits il est impossible de soulever même l'enveloppe. Un ballon de 1 m. de diamètre rempli d'hydrogène a un volume d'un demi-mètre cube environ et une force ascensionnelle de 550 gr.; or sa surface est, en chiffre rond, de 3 m^3, ce qui, avec une enveloppe de 200 gr. au mètre carré, fait un poids de 600 gr., trop fort pour être soulevé. Mais le volume de la sphère $\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)$ est proportionnel au cube du diamètre, tandis que la surface $(4\pi R^2)$ est proportionnelle au carré; en augmentant les dimensions, on gagne donc beaucoup plus en force ascensionnelle qu'on ne perd en poids. Le ballon de 2 m. de diamètre, avec le même gaz et la même enveloppe, aurait un volume de $4^{m^3},200$, par conséquent une force ascensionnelle de $4^{kg},600$, alors que son enveloppe de $12^m,50$ de surface pèserait $2^{kg},500$. Ce ballon s'enlèverait donc et pourrait même soulever 2 kg. On voit de même que pour soulever un homme léger avec une trentaine de kilogrammes de cordages, il faudrait, toutes choses égales d'ailleurs, un ballon de 6 m. de diamètre.

Digitized by Google

et le marquis d'Arlandes osaient, les premiers, se confier à un appareil aérostatique.

Le ballon libre était créé ! Depuis ce jour on sait combien il s'est multiplié, combien de voyages il a exécuté dans les airs.

Mais le ballon libre n'est que médiocrement intéres-

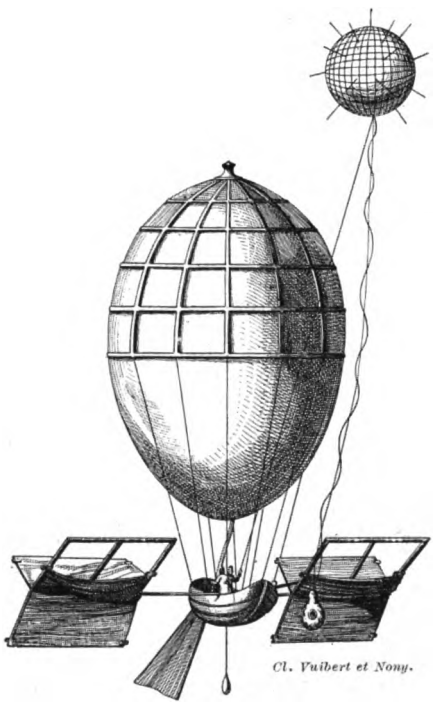


Fig. 3. — Projet de Carra (1784).

sant : ce n'est qu'un premier pas d'enfant dans la voie de la locomotion aérienne. Frêle esquif confié inerte et sans mouvement propre au caprice des courants aériens, sans autre pouvoir que d'essayer de les choisir, il fait songer au navire désemparé au milieu de l'Océan, ou au radeau primitif abandonné au fil de l'eau.

Digitized by Google

Dès l'ascension du premier ballon, il était donc logique qu'on se préoccupât de diriger son mouvement.

Au lendemain de l'apparition des montgolfières et des ballons à gaz, on voit donc éclore des quantités de projets de dirigeables.

Mais la direction des ballons était un problème impossible à résoudre à cette époque; il renferme en effet un certain nombre de difficultés que nous allons voir apparaître en feuilletant l'histoire des principaux efforts. La plupart des innombrables inventeurs qui surgirent ne les soupçonnaient même pas.

Nous ne retiendrons donc, parmi eux, au début, que trois noms qui méritent de passer à l'histoire.

Le 14 janvier 1784, la physicien **Carra** présenta à l'Académie un projet comportant un propulseur qui était constitué par une paire de roues à aubes en toile se repliant dans la partie haute de leur mouvement. L'architecte **Masse**, l'année suivante, proposait de construire, pour diminuer la résistance de l'air, un ballon de forme allongée, auquel le mouvement devait être imprimé par de grandes rames articulées.

Le plus intéressant de tous, certainement, de beaucoup, est celui de **Meusnier**, lieutenant du génie, devenu plus tard général, déjà membre de l'Académie des sciences à vingt-neuf ans.

Son projet réunit un ensemble de dispositions logiques dont quelques-unes sont fort ingénieuses et étonnent profondément, quand on songe qu'elles se sont manifestées à une époque où l'atmosphère était un élément absolument nouveau, dont les lois étaient totalement ignorées.

Le ballon devait avoir, comme celui de Masse, une forme allongée, sorte d'ellipsoïde de révolution. Le mouvement devait lui être imprimé par une série de doubles rames tournantes, qui ne sont pas autre chose que des hélices, alors que cet organe ne devait être inventé que

Digitized by Google

cinquante-deux ans plus tard par Smith et Éricson pour la propulsion des navires.

D'autre part, Meusnier, semblant avoir comme l'intui-

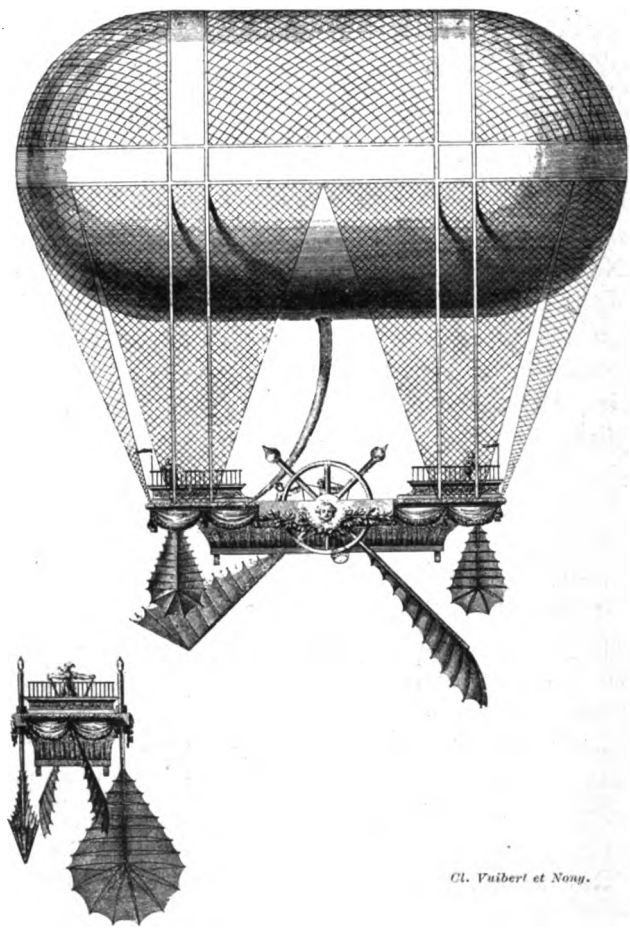
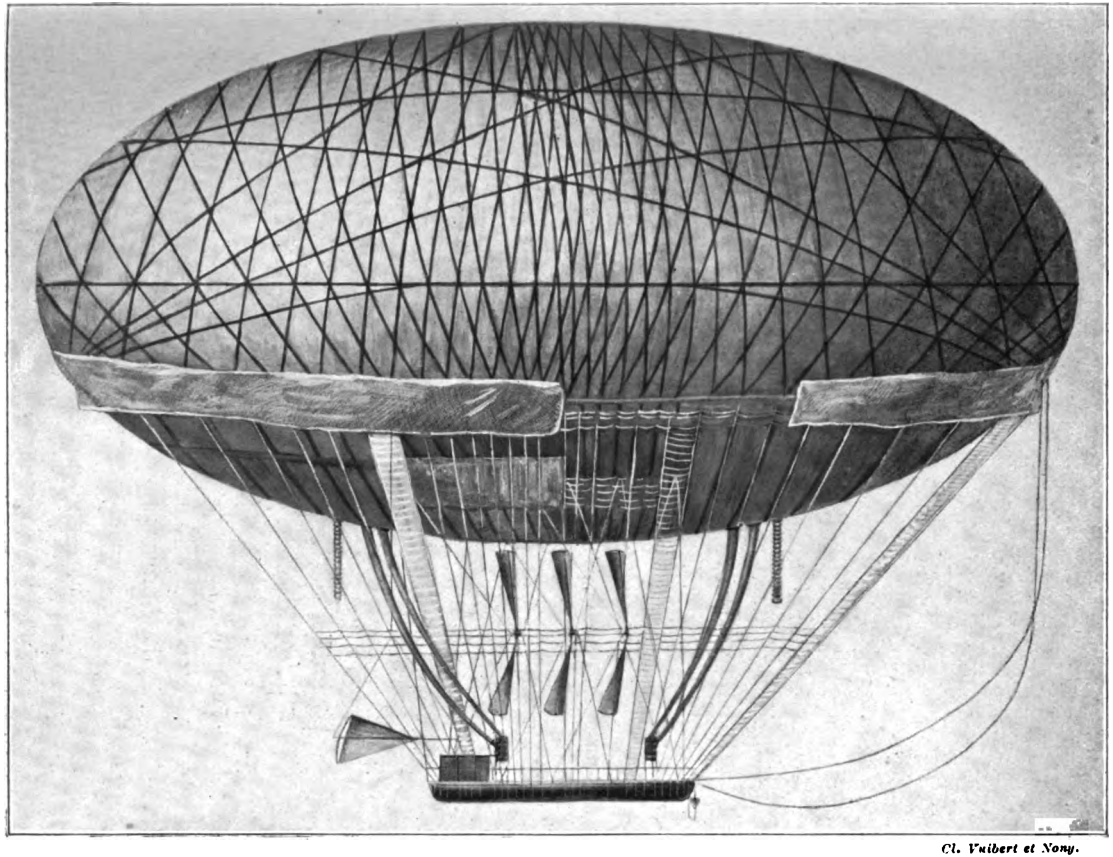


Fig. 4. — Projet de ballon à rames de Masse (1785).

tion de la plus grosse des difficultés qui allaient, jusqu'au début du vingtième siècle, faire échouer tant d'inventeurs, s'était préoccupé d'assurer à son ballon une

Digitized by Google



Cl. Vuibert et Nony.

Fig. 5. — Projet de dirigeable de Meusnier (1784).

Digitized by Google

forme invariable. Le moyen qu'il avait imaginé était le suivant : son ballon devait avoir deux enveloppes concentriques. La plus petite, à l'intérieur, en étoffe légère et imperméable, devait renfermer le gaz. La plus grande, à l'extérieur, devait être en étoffe très solide renforcée de sangles; entre les deux de l'air devait être envoyé, par des sortes de soufflets, en quantité au moins suffisante pour que l'enveloppe extérieure fût toujours tendue.

Cette disposition curieuse avait, dans l'esprit de Meusnier, un second but : il espérait, par cet envoi d'air, pouvoir comprimer plus ou moins, à volonté, le gaz du ballon intérieur et modifier ainsi la force ascensionnelle du navire aérien sans perte de gaz ni de lest. L'expérience et le calcul ont prouvé que sur ce point il s'était trompé. Mais il n'en est pas moins vrai que le principe du ballon intérieur allait fournir la base de l'invention, quatre-vingt-dix ans plus tard, du ballonnet, dont on tire aujourd'hui si grand parti et qui a valu à la France, aussi bien pour les ballons libres que pour les dirigeables, la supériorité qu'elle a su conserver sans interruption jusqu'à aujourd'hui.

Malheureusement Meusnier, sans fortune, ne put mettre son projet à exécution; et il mourut en 1893 d'une balle prussienne, emportant seulement la gloire d'avoir indiqué la voie.

Son ballon d'ailleurs n'aurait pas pu marcher, parce que, comme Masse et Carra, Meusnier ne pouvait, à cette époque, disposer, en fait d'énergie motrice, que de la force musculaire humaine.

Or c'était là un obstacle capital. Nous verrons plus tard que pour imprimer à un aéronat (1) analogue au

1. On emploie depuis quelques années le terme *aéronat* pour désigner plus spécialement les ballons dirigeables, tandis que celui d'*aérostat* s'applique tout naturellement au ballon libre qui se tient immobile dans l'air. Toutefois, dans beaucoup d'écrits, ces deux expressions sont encore confondues.

Digitized by Google

sien un mouvement de seulement une dizaine de mètres à la seconde, il eût fallu l'effort maximum qu'eussent pu fournir cent cinquante hommes, or il n'aurait pu soulever que quinze à vingt personnes. Avec douze travailleurs énergiques et infatigables, le ballon n'aurait guère pu avancer que de 1 à 2 m. par seconde, et la plus légère brise l'aurait emporté sans défense possible.

Meusnier semble même s'être parfaitement rendu compte de cette difficulté, et, d'après Monge, il n'aurait jamais cru qu'il pourrait, avec son appareil, évoluer en tous sens : il espérait seulement obtenir des petites déviations sur les courants aériens, qu'il comptait utiliser pour exécuter un grand voyage.

Quoi qu'il en soit, Meusnier peut être considéré comme le véritable précurseur du ballon dirigeable, et il va nous falloir parcourir une longue période avant de retrouver un nom qui soit digne d'être placé à côté du sien.

Nous n'avons parlé que de projets; quelques essais ont cependant été tentés, mais ils sont si peu sérieux qu'ils ne valent pas la peine d'être cités. En tous cas ils échouèrent lamentablement.

Ces insuccès ne tardèrent pas à jeter le discrédit sur l'aérostation et à faire considérer par tous les savants la direction des ballons comme une véritable utopie. Après s'être emballé avec exaltation, au lendemain de l'apparition des ballons, on se découragea de ne pouvoir tirer de l'invention que des aérostats inertes refusant toute obéissance à la volonté humaine.

Puis vint une époque où d'autres préoccupations que celles des sciences absorbèrent l'activité humaine. Enfin Napoléon ne croyait guère à l'aérostation, pas plus qu'il ne croyait à la vapeur.

D'ailleurs un événement assez curieux se produisit dès les premières heures de l'empire.

L'aéronaute Garnerin avait, sur l'invitation de Napoléon, construit un immense ballon sphérique tout pavoisé

Digitized by Google

de drapeaux et portant un aigle et une couronne impériale au milieu de trois mille verres de couleurs. Cet aérostat, destiné à porter en province la nouvelle du sacre, fut lancé dans la soirée, du parvis de Notre-Dame. « Le lendemain, dès la pointe du jour, raconte Lecornu dans son ouvrage *La Navigation aérienne,* on vit dans la campagne de Rome un ballon tout pavoisé, qui semblait se diriger sur la ville éternelle. Il plana en effet un instant au-dessus de la coupole de Saint-Pierre et du Vatican, apportant à Rome l'annonce du grand événement, puis, après avoir touché terre deux ou trois fois, il s'abattit enfin dans le lac Bracciano. Mais, dans les derniers moments de sa course, le ballon, rasant le sol, rencontra un monument antique sur lequel il s'accrocha, rompant la couronne impériale dont une partie resta fixée à un angle du monument : c'était le tombeau de Néron. » Napoléon, quelque peu superstitieux, ne voulut plus entendre parler d'aérostation.

Pendant plus d'un demi-siècle la locomotion aérienne ne va faire aucun progrès. Ce n'est cependant pas que les inventeurs aient fait défaut, les projets, au contraire, reprennent après le premier Empire, mais plus incohérents les uns que les autres, presque tous dépourvus absolument de base scientifique, ou même de bon sens. Quelques expériences même sont tentées par des inventeurs aussi hardis qu'imprudents et qui, presque tous, y trouvèrent la mort.

La naïveté des chercheurs était telle que certains d'entre eux allèrent jusqu'à vouloir adjoindre à la nacelle ou au ballon des voiles de navire, sans comprendre que, le tout étant entièrement plongé dans l'air, n'a, au milieu de cet air qui se déplace, aucun mouvement propre, quelle que soit la force du vent qui le pousse. L'aérostat libre, étant inerte dans l'air ambiant, est emporté sans résistance ni frottement exactement à la vitesse de cet air, quelles que soient sa forme et sa dimension, de

Digitized by Google

même que sont emportés côte à côte par le torrent la légère feuille et le lourd tronc d'arbre noyés dans ses eaux. Pour l'aéronaute de ballon libre, « le vent n'existe pas; même au milieu de la plus violente tourmente, fait remarquer le colonel Renard [1], il ne se douterait pas qu'il se déplace par rapport au sol, s'il ne voyait ce sol filer au-dessous de lui ». La fumée de sa cigarette lui semblerait monter verticalement comme par le temps le plus serein. Les cordes libres qui peuvent être attachées au ballon, pendent verticalement, aussi tranquilles que s'il n'y avait aucun vent.

Pendant cette époque stérile au point de vue aéronautique, il se trouva cependant quelques penseurs qui raisonnèrent et, peu à peu, les premières données du problème se précisèrent pour les esprits sérieux. C'est ainsi que se manifesta de plus en plus nettement une préoccupation dominante, celle du moteur.

Il nous semble en effet, lorsqu'on analyse la question, que la navigation aérienne nécessite la résolution de trois difficultés principales.

La première est celle de l'*équilibre;* il faut avoir un moyen de combattre la force de la gravitation universelle, qui sollicite les corps de haut en bas. L'invention des frères Montgolfier fournit un moyen; nous verrons plus loin qu'il peut y en avoir d'autres.

La seconde est la *propulsion.* La force musculaire humaine étant tout à fait insuffisante, comme nous venons de le voir, il y a lieu de la remplacer par des tracteurs ou propulseurs d'autre nature. C'est à leur recherche que l'on s'est évertué pendant plus d'un siècle.

Quant à la troisième, la *stabilité,* la logique seule ne permettant pas de la faire deviner, elle ne devait res-

1. Le colonel Renard, inventeur du dirigeable la *France,* est le premier qui ait nettement compris et exposé les principales lois des conditions atmosphériques au milieu desquelles se maintiennent ou se meuvent les ballons.

Digitized by Google

sortir de l'expérience même que plus tard, après la résolution des deux premières.

Revenons à la propulsion. Brisson, en exposant à l'Académie des sciences, dès le 24 janvier 1784, avec les idées de Meusnier, un mémoire sur la direction des aéronats, avait indiqué déjà la nécessité d'employer une force motrice pour vaincre celle du vent, « mais, s'était-il écrié, où trouverons-nous cette force motrice ? J'avoue que je commence à désespérer ! »

On n'entrevoyait en effet à cette époque aucun moyen pratique.

On essaya cependant tout ce que l'imagination put suggérer : certains inventeurs comme **Genet**, en 1825, tentèrent de l'obtenir en embarquant des chevaux, sans se rendre compte que le travail mécanique fourni par ces animaux n'est pas, pour un même poids, assez supérieur à celui fourni par l'homme, pour procurer le moyen pratique cherché (1).

D'autres espéraient le trouver dans des réactions analogues à celles qui font monter les fusées d'artifice. Dès 1784 **Miolan** et **Janinet** avaient percé dans le côté d'une montgolfière un trou permettant à l'air chaud de s'échapper, afin qu'en sortant et en frappant l'air extérieur, il déterminât une poussée latérale.

Mme **Tessière**, en 1845, proposa de faire remorquer un ballon par des aigles ou des vautours.

Parmi toutes les idées bizarres qui se sont manifestées à cette occasion, il en est une assez curieuse, qui, malgré son peu de sens pratique, mérite d'être signalée, à cause de son originalité quasi scientifique :

Scott, en 1789, avait songé à utiliser, pour obtenir un déplacement latéral, les mouvements de montée et de descente que permet dans tout aérostat le jeu du gaz et

1. Un cheval de 400 kg fournit 1 cheval-vapeur ; six hommes, pesant 400 kg, donnent un travail de 0,50 cheval-vapeur ; le cheval n'a donc qu'une puissance double.

Digitized by Google

du lest. Pour cela il inclinait, grâce à l'emploi de deux ballonnets intérieurs, un ballon de forme très allongée muni d'une longue queue. Ce projet, venant à une heure

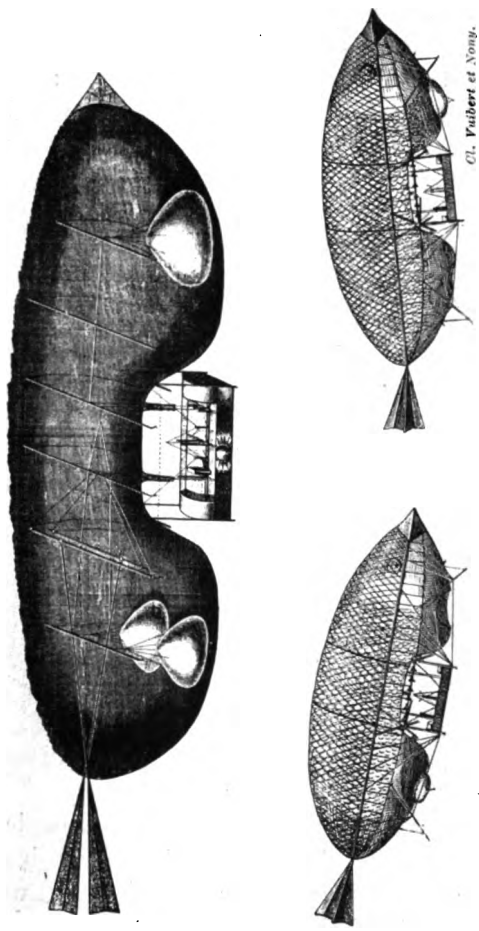


Fig. 6. — Projet de ballon planeur de Scott (1789).

aussi troublée, ne put être réalisé, d'ailleurs il n'aurait pu donner de résultats convenables pour deux raisons : la première c'est que, même si un semblable aéronat

Digitized by Google

glissait exactement suivant son axe, ce qui est mathématiquement impossible, et si cet axe pouvait être incliné jusqu'à 45 degrés, les vitesses ascensionnelles et de descente ne donneraient qu'une composante latérale très minime, ne permettant pas de lutter contre le moindre vent. En second lieu, cette faculté de mouvement eût été extrêmement limitée et fort dispendieuse : pour parcourir quelques milliers de mètres on dépenserait en gaz

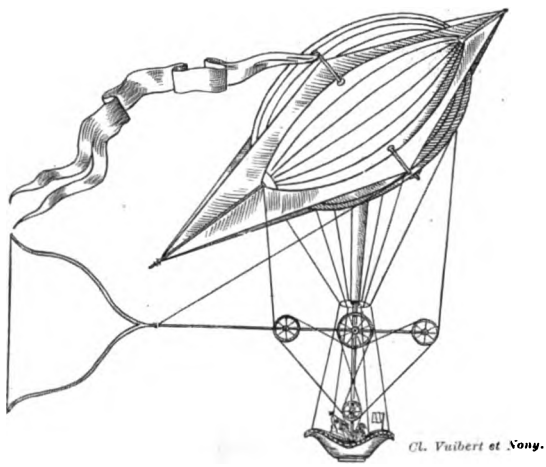


Fig. 7. — Projet de ballon à glissement de Guillié (1816).

et en lest tout ce que l'aéronat le plus puissant peut emporter de disponible.

L'idée cependant paraissait tentante et nous la voyons revenir plus tard à plusieurs reprises sous des formes différentes; notamment dans le projet de **Guillié**, en 1816 : autour d'un ballon oblong, il proposait de placer un grand plan horizontal. Un système de poulies fixées sur un cadre intermédiaire devait permettre d'incliner à volonté de la nacelle l'ensemble du système.

Ce qu'il y a de plus intéressant dans ces projets, c'est

Digitized by Google

d'y voir l'apparition des plans qui joueront, un siècle plus tard, un si grand rôle dans le *Lebaudy*.

Il faut arriver au milieu du dix-neuvième siècle pour trouver enfin des projets ou des expériences ayant un réel caractère scientifique.

En 1850 **Jullien** construisit un petit ballon dirigeable de 7 m. de longueur en forme de poisson extrêmement allongé, muni de deux hélices latérales à l'emplacement correspondant aux nageoires et d'un gouvernail arrière. Le maître couple, c'est-à-dire la partie de plus gros dia-

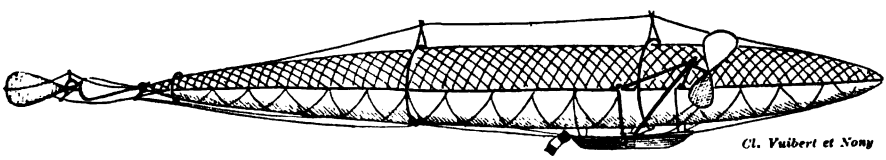


Fig. 8. — Ballon dirigeable Jullien (1850). [Mécanisme d'horlogerie.]

mètre, était très en avant, comme chez la plupart des poissons et des oiseaux. « Jullien, dit Lecornu, était un modeste et laborieux chercheur, installé horloger à Villejuif. Il avait longtemps médité sur la navigation aérienne. » Il ne s'était lancé dans la construction qu'après des recherches patientes et méthodiques. Rien dans son aéronat n'avait été laissé au hasard.

Aussi lorsque, le 6 novembre, il fit fonctionner son appareil dans l'Hippodrome, il obtint un succès complet. Le dirigeable filait très docilement, exactement dans la direction voulue, soit en un vol rectiligne, soit en un vol curviligne.

Malheureusement cet instrument avait un gros défaut : la source de force consistait dans un ressort d'horlogerie. Semblable procédé pouvait réussir à merveille avec un instrument de petit modèle destiné à évoluer pendant quelques centaines de mètres, mais il ne pouvait évidemment être appliqué à un ballon de grandes

Digitized by Google

dimensions, qui, pour être autre chose qu'un joujou, avait besoin de pouvoir fonctionner un temps beaucoup plus long.

Mais un nouveau moteur allait enfin surgir, la machine à vapeur, qui devait marquer le premier pas vers la possibilité de propulser des ballons.

Il est, en passant, curieux de constater que, dès 1789, Genet, tout jeune encore, avait indiqué la vapeur comme devant un jour fournir la force motrice aux aéronats.

Le premier qui l'appliqua et le fit avec autant de succès que le permit l'état des sciences à cette époque, fut **Giffard**, qui éclipsa de beaucoup toutes les autres tentatives, car ce fut le premier qui obtint un résultat, et pendant longtemps encore il devait être le seul.

Mécanicien au sens pratique très développé, Giffard parvint à établir une petite machine à vapeur de 3 chevaux ne pesant que 45 kg. Il eut la chance de trouver deux associés qui lui fournirent les fonds nécessaires, et put alors construire un dirigeable, dont le ballon fusiforme de 44 m. de longueur et 12 m. de diamètre maximum, avait une capacité de 2 500 m^3. La force ascensionnelle était de 1 800 kg. Le poids total, y compris l'aéronaute, étant de 1 550 kg., il restait pour le lest une disponibilité de 250 kg.

La machine à vapeur, construite avec toutes les précautions possibles pour éviter les dangers d'incendie, était à plus de 6 m. au-dessous du ballon. Elle imprimait à une hélice à trois branches de $3^m,40$ de diamètre une rotation de 110 tours à la minute. Une quille horizontale servait d'intermédiaire entre le ballon, recouvert d'un immense filet, et la nacelle.

La première expérience eut lieu le 24 septembre 1852. Elle réussit pleinement : parti de l'Hippodrome, Giffard put atterrir sans incident auprès de Trappes, après s'être élevé à 1 800 m. d'altitude.

Digitized by Google

La vitesse propre de l'aéronat n'étant que de 3 m. à la seconde, il était impossible de lutter contre le moindre vent, mais il fut possible d'obtenir une déviation très sensible par rapport à la direction du vent. C'était donc une dirigeabilité relative.

Giffard se rendit compte qu'il était nécessaire d'aller beaucoup plus vite. Pour y arriver il voulut employer à la fois trois moyens : prendre un modèle plus grand, augmenter le moteur dans une proportion plus grande

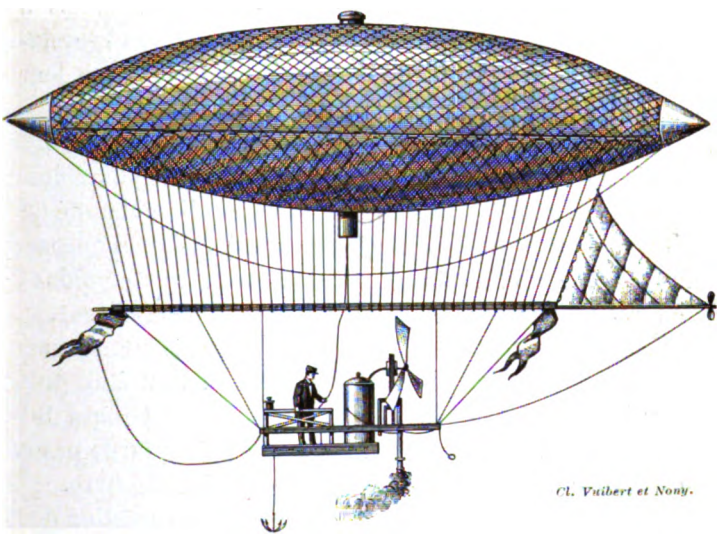


Fig. 9. — Ballon dirigeable de Giffard (1852). [Vapeur.]

encore, enfin donner au ballon une forme plus allongée pour diminuer la résistance de l'air.

Il construisit donc un second modèle d'une contenance de 3 200 m³, pouvant emmener deux aéronautes ; il donna à son ballon une forme très effilée avec 70 m. de longueur et un diamètre maximum de 10 m. L'ascension, qui eut lieu en 1855, commença bien, mais se termina par un grave accident, qui n'eut heureusement pas de conséquences tragiques, car il se produisit au moment même

Digitized by Google

de l'atterrissage : le ballon qui, à plusieurs reprises, avait éprouvé en l'air des balancements inquiétants, se cabra et, mal retenu à l'extrémité du filet, s'échappa et se déchira.

La grande longueur, en produisant la tendance au tangage et au renversement, venait de révéler une nouvelle difficulté à laquelle on ne devait trouver un remède efficace que cinquante ans plus tard.

Ruiné par ces deux expériences, malgré leur réussite, Giffard se consacra à la construction des machines à vapeur, et imagina le fameux injecteur qui, en remplaçant les pompes alimentaires des chaudières, devait leur faire faire un si grand progrès.

Après avoir fait fortune avec cette invention, il établit les plans d'un nouveau dirigeable de dimensions colossales, 50 000 m³, muni de deux moteurs, l'un chauffé au pétrole, l'autre par le gaz même du ballon. Leur consommation était réglée de manière que les pertes de poids et de force ascensionnelle se compensassent exactement.

Malheureusement ce plan, méticuleusement et savamment conçu, ne devait pas être exécuté : tout était prêt pour la réalisation, même l'argent, lorsque Giffard fut frappé de cécité. Son chagrin fut tel qu'il ne tarda pas à devenir fou et à mourir sans avoir achevé son œuvre.

Néanmoins Giffard avait démontré que la direction des ballons n'était pas une utopie et qu'elle était intimement liée au rendement des moteurs.

Le premier dirigeable qui se soit élevé dans les airs après celui de Giffard marque, à ce point de vue, plutôt un recul qu'un pas en avant, car son inventeur, **Dupuy de Lôme**, chercha encore une fois à résoudre le problème en n'utilisant que la force humaine.

C'était au milieu du drame de 1870-1871.

On sait quels services rendirent pendant cette terrible guerre les ballons libres, en particulier au siège de Paris :

Digitized by Google

Soixante-huit ballons partirent de la capitale, portant en province des nouvelles des assiégés. Mais on ne possédait pas d'autre moyen de répondre, de l'extérieur, que les pigeons transportés par les ballons, moyen bien incertain et combien insuffisant! Aussi le besoin de procédés autres se fit-il cruellement sentir. On comprit pour la première fois que la question des dirigeables n'était plus seulement un problème scientifique intéressant, mais qu'il s'y attachait un intérêt de premier ordre.

C'est à ce moment que, sous le canon de l'ennemi, Dupuy de Lôme, ingénieur des constructions navales, fit des efforts désespérés pour établir un ballon dirigeable destiné à assurer des communications aériennes avec Paris dans les deux sens. Le gouvernement lui ouvrit même un crédit de 40 000 fr., bien insuffisant, il est vrai, mais auquel vinrent s'ajouter quelques cotisations généreuses et toute sa fortune personnelle.

Malheureusement le temps manqua. Le navire aérien de Dupuy de Lôme n'était pas encore terminé lorsque l'armistice fut signé. D'ailleurs, on va voir qu'il eût fallu un concours de circonstances rare pour qu'il eût pu remplir son rôle et pénétrer dans Paris par-dessus la tête de l'ennemi.

Ce n'est qu'en 1872 que l'aéronat, achevé et un peu modifié, put se lancer dans l'atmosphère.

Il est extrêmement intéressant à plus d'un titre. Sa forme géométrique procède de la révolution d'un arc de cercle autour de sa corde, avec 36 m. de longueur et 3 454 m. de cube.

On se rappelle le principe imaginé par Meusnier pour empêcher le ballon de se creuser et de se déformer sous une influence quelconque; Dupuy de Lôme, le premier, songea, après quatre-vingts ans d'oubli, à l'appliquer, mais en le modifiant avantageusement. Sa poche d'air, comme l'avait déjà conseillé, dès 1784, un nommé Robert, au lieu d'entourer le ballon à gaz, était plus

Digitized by Google

petite et placée à l'intérieur ; c'est ce que l'on appelle depuis ce moment le ballonnet. Dès que le gaz, diminué ou condensé, devient insuffisant pour maintenir le ballon gonflé, on expédie dans le ballonnet de l'air, qui rétablit le volume total nécessaire pour remplir l'enveloppe.

La suspension est particulièrement remarquable. Dupuy de Lôme comprit qu'il était indispensable d'établir une solidarité complète entre la nacelle et le ballon, afin d'éviter les secousses, qui, en déplaçant le centre de gravité, donnent aux efforts de traction une irrégularité dont l'effet peut être désastreux, comme l'a prouvé l'accident du ballon *Giffard*. Il imagina donc de combiner

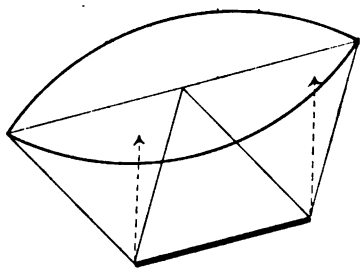


Fig. 10. — Principe de la suspension triangulaire.

les cordes de suspension en triangles dont la base se trouve sur le ballon même, tandis que le point d'attache est précisément le sommet de l'angle opposé. L'inclinaison de chacun des deux côtés descendants est assez grande pour que, tant que le balancement ne dépasse pas certaines limites très larges, la direction de l'effort du poids ne sorte pas de l'intérieur de ces triangles ; de cette façon, les deux cordes descendantes sont toujours tendues, ce qui permet de dire que la suspension est virtuellement indéformable.

Ce principe a été appliqué depuis ce moment à presque tous les aéronats sérieux, comme ceux de Tissandier et de Renard, et en particulier au *Lebaudy*.

Digitized by Google

La nacelle était très éloignée du ballon (20 m.), ce qui contribua à la stabilité générale. On comprend en effet facilement que ce soit une condition à rechercher. Un aérostat réunit deux forces contraires qui s'équilibrent : l'une de bas en haut due au ballon, l'autre de haut en bas due à la pesanteur, qui s'applique surtout à la nacelle. Plus ces deux parties sont distantes, plus elles

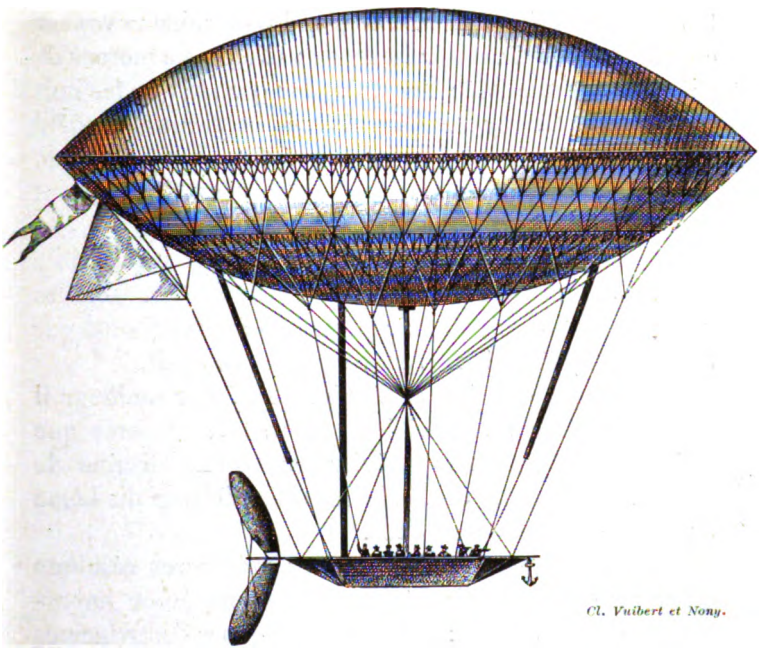


Fig. 11. — Dirigeable de Dupuy de Lôme (1872).

ont de tendance à ne pas s'éloigner d'une même verticale, c'est-à-dire à rester en équilibre stable. Elles constituent ce que l'on appelle en mécanique un couple de rappel. Si elles étaient très rapprochées, elles favoriseraient au contraire le balancement et le renversement.

La propulsion était donnée par une immense hélice de

Digitized by Google

9 m. de diamètre, placée dans l'axe de la nacelle. Mais, et c'était là le gros point faible, la rotation de cette hélice était obtenue par le travail d'une équipe de huit hommes agissant sur des manivelles. L'hélice ne tournait ainsi qu'à 21 tours à la minute, ce qui ne donnait qu'un déplacement propre de $2^m,80$ à la seconde.

C'était un résultat extrêmement faible, inférieur à celui obtenu par Giffard vingt ans plus tôt avec son moteur à vapeur. En 1872, les progrès des machines à vapeur eussent permis d'obtenir beaucoup mieux. Le moteur de Giffard avait une force cinq fois plus grande que les huit hommes de Dupuy de Lôme réunis et ne pesait guère plus de la moitié, sans parler de la fatigue, qui ne permet aux hommes de manœuvre de donner un effort important que pendant un temps très court.

En tout cas, il est évident qu'avec une aussi faible vitesse il n'y avait pas à songer à lutter contre le moindre vent ; on ne pouvait obtenir qu'une minime déviation par rapport à sa direction. C'est ce qui se produisit.

L'ascension eut lieu en février 1872. Par malheur il fit ce jour-là un vent violent de 15 m., de sorte que l'aéronat ne put même dévier que d'une dizaine de degrés. Le manque de fonds empêcha Dupuy de Lôme de poursuivre ses recherches.

Malgré ses imperfections et les médiocres résultats obtenus, le *Dupuy-de-Lôme* marque une étape importante vers la solution : il a permis de poser des principes qui doivent être considérés comme des conditions essentielles de la réussite et qui peuvent se résumer ainsi :

Maintien de la permanence de la forme par le ballonnet ;

Rigidité de la suspension par la combinaison triangulaire ;

Suppression du filet et son remplacement par un dispositif laissant à l'aéronat une forme lisse favorable au glissement dans l'air.

Digitized by Google

Il y a lieu de signaler l'intéressant projet de M. **Yon**, collaboratuer de Giffard et de Dupuy de Lôme. Ce projet, très sérieusement étudié, réunissant les fruits des expériences du passé, aurait peut-être fait faire un nouveau pas à la question, s'il avait pu être exécuté : prenant à Meusnier la forme générale et le principe du ballonnet, à Giffard le moteur à vapeur, perfectionné depuis cette époque, à Dupuy de Lôme son mode de suspension trian-

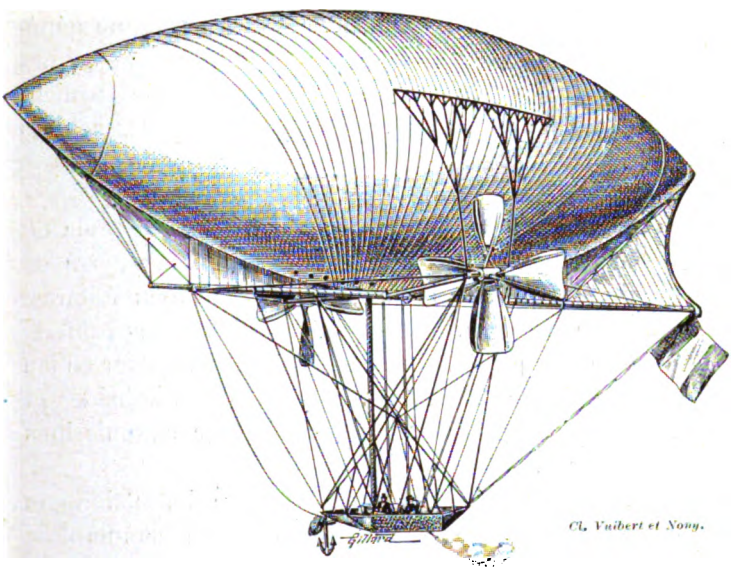


Fig. 12. — Projet Yon (1880).

gulaire, Yon ajoutait à l'ensemble sa note personnelle en plaçant ses deux hélices à hauteur du ballon, très près de l'axe de résistance de l'air, et en installant sous son ballon, à l'avant et à l'arrière, une grande quille verticale, qui devait favoriser la rectitude de la marche. Mais cette fois encore le manque de ressources financières empêcha l'exécution.

Combien, hélas ! souvent ne voyons-nous pas, depuis

Digitized by Google

Meusnier jusqu'à nos jours, l'obstacle financier paralyser des inventeurs, qui, s'ils avaient été plus favorisés de ce côté, eussent peut-être pu se couvrir de gloire et rendre au progrès et à la science d'immenses services ! Si cela est vrai un peu pour tout, cela l'est plus encore en matière de locomotion aérienne, où la construction de l'objet à expérimenter coûte atrocement cher.

Il en était ainsi surtout dans la longue période que nous venons de parcourir rapidement, parce que, la question ne paraissant avoir qu'un intérêt scientifique général, peu de personnes, relativement, s'y intéressaient. Les grandes administrations, l'État, l'industrie ne voyaient aucun motif pour s'en préoccuper et y consacrer leurs fonds.

Nous sommes au contraire arrivés à une époque où cette ambiance générale va se modifier : la guerre de 1870, le siège de Paris en particulier, avaient fait ressortir nettement l'utilité de l'aérostation, et surtout le besoin du dirigeable. Dès lors, l'État allait entrer en jeu par son influence stimulante, par quelques subsides et par l'organisation d'établissements et de commissions d'expériences.

En même temps, sous cette nouvelle impulsion, au milieu même des graves souvenirs du drame sanglant de la veille, les recherches « libres », si nous pouvons nous exprimer ainsi, prenaient un caractère plus complètement scientifique et sérieux.

C'est à ce moment que se voit la brillante série des ascensions scientifiques de Camille Flammarion, G. Tissandier, W. de Fonvielle, Crocé-Spinelli, Pénaud, etc., qui, en explorant méthodiquement l'atmosphère en ballon libre, parfois au prix de leur vie, contribuèrent largement à poser les données indispensables à la résolution définitive du problème.

Elles devaient aboutir à la construction de l'aéronat

Digitized by Google

de **Gaston** et **Albert Tissandier.** Tout d'abord ils exécutèrent un petit modèle de leur projet et le présentèrent à l'exposition d'électricité de 1881, où il se comporta remarquablement, en air absolument calme, il est vrai. Encouragés par cette première expérience, ils établirent le modèle véritable, de 28 m. de longueur, 1 060 m³ de

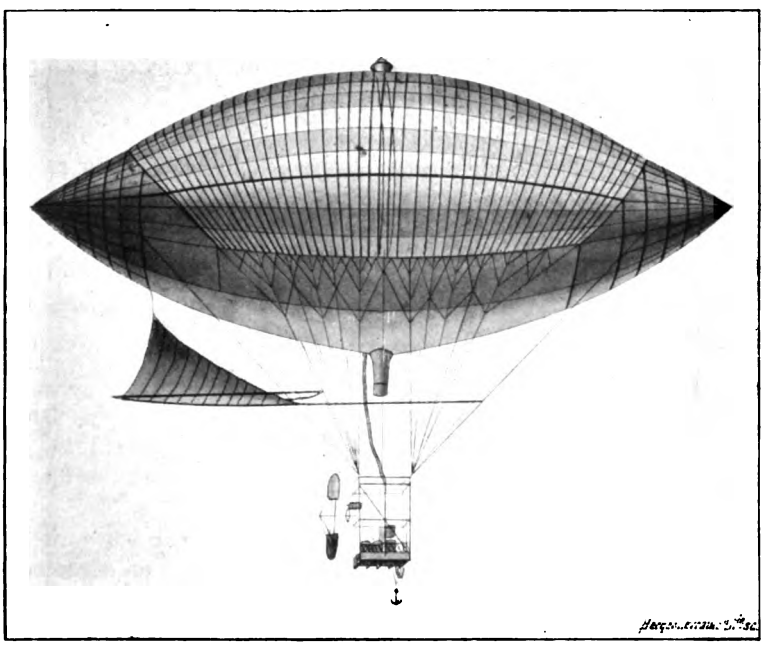


Fig. 13. — Ballon dirigeable de Tissandier (1883) à moteur électrique.

volume. Le moteur, cette fois, était un moteur électrique, type Siemens, d'une force de 1ch,5 pour un poids de 45 kg. Les caractéristiques étaient à peu près les mêmes que celles des aéronats que nous avons précédemment décrits, sauf que Tissandier, pour un modèle relativement aussi réduit, avait cru pouvoir se passer de ballonnet. Il

Digitized by Google

employait l'hélice unique placée à l'arrière d'une nacelle en bambou.

La première ascension eut lieu le 8 octobre 1883, la seconde le 26 novembre; la vitesse propre qu'il put obtenir fut de 3 m. la première fois, de 4 m. à la seconde ascension. Comme le vent était un peu supérieur, on ne put, sauf quelques instants où le vent se calma, marcher en sens contraire, mais on put évoluer avec une certaine sûreté.

C'était donc un nouveau progrès, mais encore bien faible !

A la même époque, les capitaines **Charles Renard** et **Arthur Krebs**, de l'établissement aérostatique militaire de Chalais-Meudon, après une longue série de travaux et d'expériences, construisaient pour le compte de l'État un aéronat avec lequel allait être obtenu, pour la première fois, un résultat tangible.

Employant un moteur électro-dynamique dû au capitaine Krebs, puis, un peu plus tard, une machine un peu plus robuste de Gramme, le capitaine Renard avait imaginé, pour les actionner, une pile puissante beaucoup plus légère que tout ce qui existait.

La machine et les piles, capables de fournir pendant près de deux heures un travail de $8^{ch},5$ à 9 chevaux, pesaient au total 500 kg, ce qui mettait leur poids au taux de 44 kg par cheval-vapeur ou 25 kg par cheval et par heure.

C'était là un progrès de la plus haute importance, quand on compare au moteur électrique de Tissandier employé l'année précédente, qui pesait 68 kg par cheval-heure.

Le ballon de la *France* avait une forme dyssymétrique procédant de celle de la plupart des poissons et du corps de l'oiseau : le diamètre maximum était beaucoup plus près de la pointe avant que de l'arrière, ce qui,

Digitized by Google

l'expérience l'a prouvé, est favorable à l'équilibre général pendant la propulsion[1].

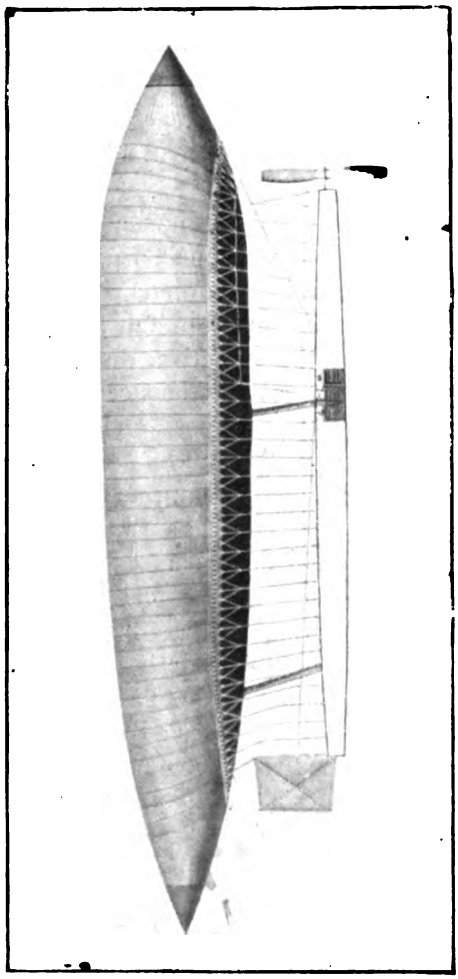


Fig. 14. — Ballon dirigeable la *France* de Renard et Krebs (1884), à moteur électrique.

La longueur était de 50m,42 et le diamètre maximum

1. Cette disposition avait été appliquée pour la première fois par Jullien en 1850.

Digitized by Google

de $8^m,40$, donnant un cube de 1 864 m^3, et par conséquent, avec le gaz hydrogène pur, une force ascensionnelle brute de 2 000 kg [1].

La permanence de la forme était assurée par un ballonnet compensateur analogue à celui de Dupuy de Lôme, mais cloisonné en trois compartiments dans le sens de la longueur pour éviter le roulement de l'air d'une extrémité à l'autre, ce qui aurait accentué les mouvements de balancement.

La nacelle, allongée, de 33 m. de long, en bambou, était réunie au ballon par une suspension funiculaire croisée ne comportant aucun organe rigide.

L'hélice, de 7 m. de diamètre, était placée à l'avant de la nacelle, par conséquent tractive, disposition que nous trouvons pour la première fois dans cet aréonat. Certains ont voulu voir dans cette disposition une idée spéciale. C'est une erreur. Elle n'a d'autres motifs que des raisons de facilité de construction. Dans un aéronat, l'hélice et le gouvernail ont des dimensions proportionnées au ballon et cependant doivent être fixées à la nacelle, quand il n'existe pas d'autre carcasse rigide ; ils sont alors très grands par rapport à cet organe de dimension réduite, et il est fort difficile de les placer l'un devant l'autre à l'arrière de la nacelle. Voilà la seule raison pour laquelle Renard a mis son hélice à l'avant.

Enfin, pour la première fois, nous voyons apparaître la préoccupation de résoudre les difficultés de la stabilité longitudinale que nous étudierons ultérieurement : la nacelle, servant en même temps de poutre rigide, est placée le plus bas possible et, à l'arrière de cette nacelle, est installé un petit plan horizontal, dont les dimensions allaient être augmentées l'année suivante.

---

1. Nous dénommerons force ascensionnelle *brute* celle qui provient de la différence entre le poids du gaz et celui de l'air déplacé par ce gaz, et force ascensionnelle *nette* ou *poussée*, cette force brute diminuée du poids total soulevé et qui constitue la force réelle à laquelle obéit le ballon en s'élevant.

Digitized by Google

Le 9 août 1884, par un temps absolument calme (vent de 1 m. à $1^{m},50$), la *France* s'élevait pour la première

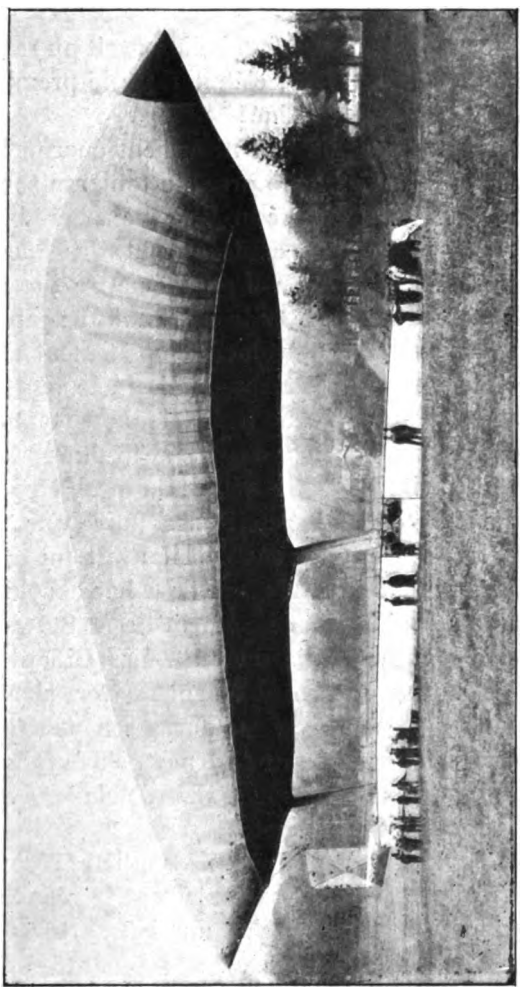


Fig. 15. — Le dirigeable la *France* à Meudon (1884).

fois dans les airs, avec, à son bord, les deux officiers qui l'avaient conçue. Elle obéissait parfaitement à ses organes

Digitized by Google

de propulsion et de direction. Après un parcours de $7^{km},500$ en vingt-trois minutes, à 300 m. environ de hauteur, elle revenait sans difficulté atterrir au point de départ.

C'était la première fois qu'un ballon avait pu rentrer à l'endroit où il s'était enlevé, c'était donc le premier qui avait pu être réellement dirigé !

Cette ascension eut un retentissement énorme ! Mais l'opinion publique s'emballe presque toujours sans discernement sur des apparences. Bien peu de rédacteurs de journaux connaissent suffisamment des questions aussi particulières que celle-ci pour émettre des appréciations exactes. En réalité, si le dirigeable des capitaines Renard et Krebs avait pu évoluer complètement et obéir aussi docilement à ses aéronautes, c'était, incontestablement, parce que tout y était très rationnellement conditionné, c'était parce que son inventeur avait su résoudre plusieurs des difficultés de détail du problème d'une façon satisfaisante, mais c'était aussi parce que, disposant de l'installation convenable, il avait pu attendre tranquillement tout monté le jour de calme absolu où sa vitesse propre, qui était à ce moment de $4^{m},80$, dominerait catégoriquement celle du vent. Les Giffard et les Tissandier eussent pu probablement arriver, sinon à un résultat analogue faute de moteur assez puissant, du moins à des retours au point de départ, s'ils avaient eu à leur disposition les moyens matériels de choisir leur jour et de parfaire leur instrument.

Ce qu'il faut examiner en pareille matière, si l'on veut juger sainement, ce n'est pas seulement le résultat brutal qui apparaît aux foules, c'est aussi et surtout les circonstances qui l'ont entouré.

D'ailleurs, l'événement ne devait pas tarder à prouver la versatilité illogique de l'opinion : le ministre de la guerre voulut voir l'aéronat. Par malheur, le jour désigné, il fit un vent de 5 à 6 m., très voisin de sa vitesse

Digitized by Google

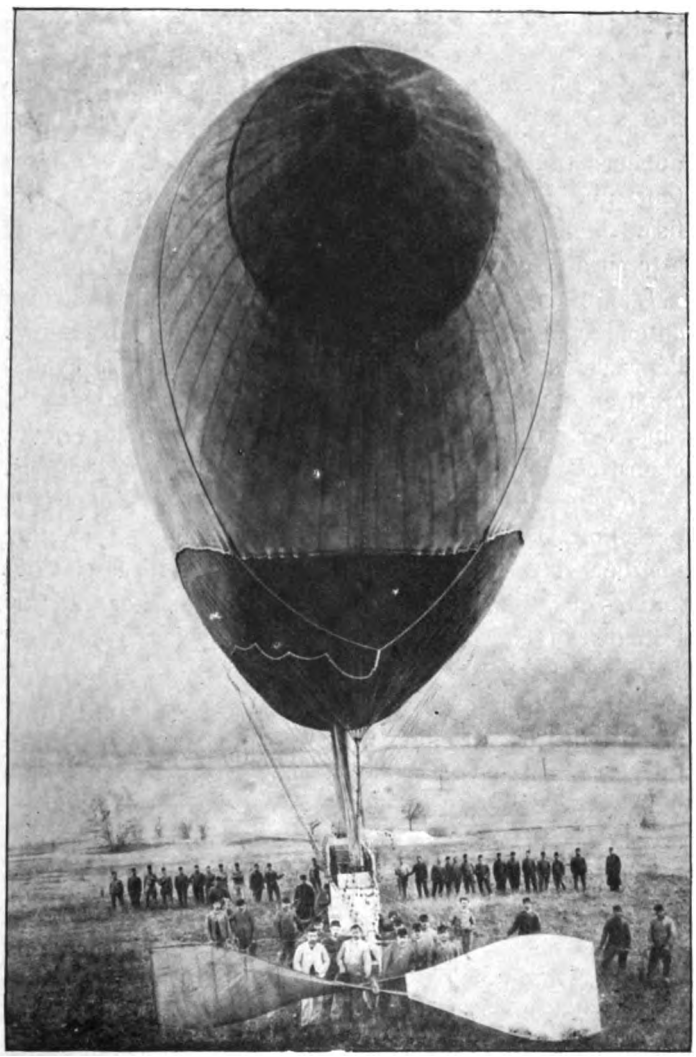


Fig. 16. — Le dirigeable la *France* vu en pointe.

Digitized by Google

maximum. Pour une visite officielle comme celle-là, on n'osa pas remettre l'expérience. Le capitaine Renard voulut lutter quand même contre le vent, le domina quelques instants. Il aurait pu probablement y réussir jusqu'au bout et revenir atterrir devant le ministre, s'il n'était survenu un accident de détail, qui a eu des conséquences tout à fait disproportionnées avec son importance : un des isolants de la dynamo s'étant trouvé insuffisant, celle-ci a pris feu. Le capitaine Renard dut alors atterrir au plus près.

L'effet fut déplorable sur l'opinion publique, qui, bien entendu, ne distingua pas la cause et ne vit que l'échec de l'épreuve, alors que cette expérience, malgré son résultat apparent moins brillant que celui du 9 août, prouvait bien plus, car on avait fourni une vitesse propre supérieure et on avait surmonté des difficultés beaucoup plus grandes.

Nous ne citons cet incident que pour bien montrer aux personnes sérieuses, désireuses d'asseoir une opinion justifiée, la nécessité de se garer des appréciations hâtives et superficielles, et celle de rechercher toujours les causes réelles de la réussite ou des échecs.

En matière de locomotion aérienne, il faut avant tout voir trois choses, qui sont comme les caractéristiques essentielles de l'instrument : la *vitesse* propre obtenue, — le *temps* pendant lequel l'aéronat peut soutenir cette vitesse, — enfin, sans parler des multiples détails de construction, la *stabilité* longitudinale pendant la marche.

Ce qu'il y a d'intéressant dans les expériences de la *France,* c'est beaucoup moins le fait tout à fait nouveau des retours au point de départ, que la double constatation suivante : on avait pu, après quelques perfectionnements, atteindre une vitesse propre de $6^{m},50$ et, avec cette vitesse, le ballon s'était très bien comporté.

A la fin de l'année 1884 le capitaine Krebs, qui avait très activement et heureusement collaboré à la création du dirigeable, ayant dû quitter l'établissement de Châ-

Digitized by Google

Fig. 17. — La *France*, premier dirigeable qui ait évolué au-dessus de Paris.

Digitized by Google

lais-Meudon, était remplacé, comme second aéronaute du dirigeable, par le capitaine Paul Renard, frère de Charles Renard, et qui appartenait déjà depuis plusieurs années à l'établissement de Châlais.

Le 22 septembre 1885, voulant prendre devant l'opinion publique la revanche de l'échec de l'année précédente, la *France* se dirigeait sur Paris, par un léger vent contraire, et allait planer au-dessus de Boulogne et du Point-du-Jour. Le lendemain le dirigeable recommençait avec succès la même excursion devant le ministre de la guerre, le général Campenon, clôturant la série de ses sept sorties sur lesquelles il avait pu rentrer cinq fois au point de départ.

Les expériences de la *France* ont eu deux sortes de résultats importants : résultats scientifiques, qui ont consisté d'abord à démontrer l'exactitude de la théorie de la navigation aérienne telle que Meusnier, Giffard, Dupuy de Lôme, Tissandier et le capitaine Charles Renard l'avaient comprise, et telle que personne ou presque personne ne l'avait envisagée en dehors d'eux, et ensuite de permettre de mesurer les difficultés du problème et d'en établir les formules.

Le capitaine Renard avait conclu que, pour arriver à des résultats vraiment pratiques, il était indispensable que la vitesse pût atteindre 13 à 15 m. à la seconde ; or on en était encore loin : les moteurs de cette époque étaient absolument incapables de la fournir. Pour lui, le problème se concentrait donc désormais sur la question du moteur.

C'est ce qui explique qu'après les expériences cependant si brillantes que nous venons de résumer, le capitaine Renard cessa ses ascensions, qui n'auraient rien pu prouver de plus, pour se plonger, pendant de longues années, dans des études de laboratoire et d'atelier, s'efforçant d'abord de perfectionner davantage les appareils électriques, puis, après l'apparition des moteurs à

Digitized by Google

pétrole, de chercher à en établir un remplissant bien les conditions voulues.

En même temps il continuait avec persévérance et méthode ses études sur la stabilité longitudinale, ainsi que ses calculs et ses expériences sur les autres parties secondaires du problème.

Ayant charge de n'entraîner l'État dans aucune grosse dépense qui ne fût justifiée par l'importance d'un résultat assuré, il avait résolu de ne construire un nouveau dirigeable que lorsqu'il serait certain de pouvoir atteindre les vitesses utiles que nous venons d'indiquer comme objectif de ses travaux.

Il croyait le moment arrivé et se disposait à établir un nouvel aéronat, lorsque la mort vint interrompre son œuvre, en 1905.

A côté des résultats matériels, les expériences du colonel Renard ont eu un résultat moral : grâce à elles, on a cessé de regarder comme des fous ou des utopistes les adeptes de la navigation aérienne, on a considéré le ballon dirigeable comme réalisable et on l'a pris au sérieux.

Nous avons dit qu'un moteur d'un nouveau genre venait d'apparaître, qui allait entraîner une révolution capitale dans les modes de locomotion modernes et permettre en particulier la résolution du problème de la locomotion aérienne d'une façon satisfaisante.

Nous voulons parler du moteur à explosion à essence de pétrole, qui, grâce à l'automobilisme naissant, grâce à l'idée géniale de l'organisation de courses avec poids limité à 1 000 kg, devait faire de si rapides et étonnants progrès.

Plus heureux que l'aéronat, l'automobile, d'un emploi si avantageux, non seulement comme instrument d'agrément, mais pour les relations industrielles et les transactions commerciales, devait se répandre dans une proportion sans cesse croissante, et par son développement

Digitized by Google

prodigieux, par la concurrence qui devait en être la conséquence, stimuler les constructeurs et entraîner des progrès constants des moteurs, en sécurité et en rendement, progrès dont son frère l'aéronat, insuffisant pour les provoquer, allait du moins profiter.

Le premier qui, en France, ait utilisé pour un ballon dirigeable le moteur à pétrole est M. **Santos-Dumont,** quelques mois après l'Allemand Wœlfert.

Malgré sa nationalité brésilienne, nous pouvons placer les efforts du jeune aéronaute parmi ceux des Français, car, Français de cœur et d'adoption, c'est en France qu'il est venu faire ses expériences et ses ascensions, au milieu de constructeurs français. C'est d'ailleurs sous pavillon français qu'ont flotté tous les aéronats qu'il a construits.

Porté par ses goûts naturels vers tous les sports, il s'était, dès sa plus tendre enfance, passionnément occupé surtout des choses de l'air; aussi ne tarda-t-il pas à venir s'installer en France, la patrie de l'aérostation.

Après de nombreuses ascensions libres, il rêva de ballons dirigeables et fit construire successivement en quelques années jusqu'à quatorze aéronats de formes et dimensions différentes.

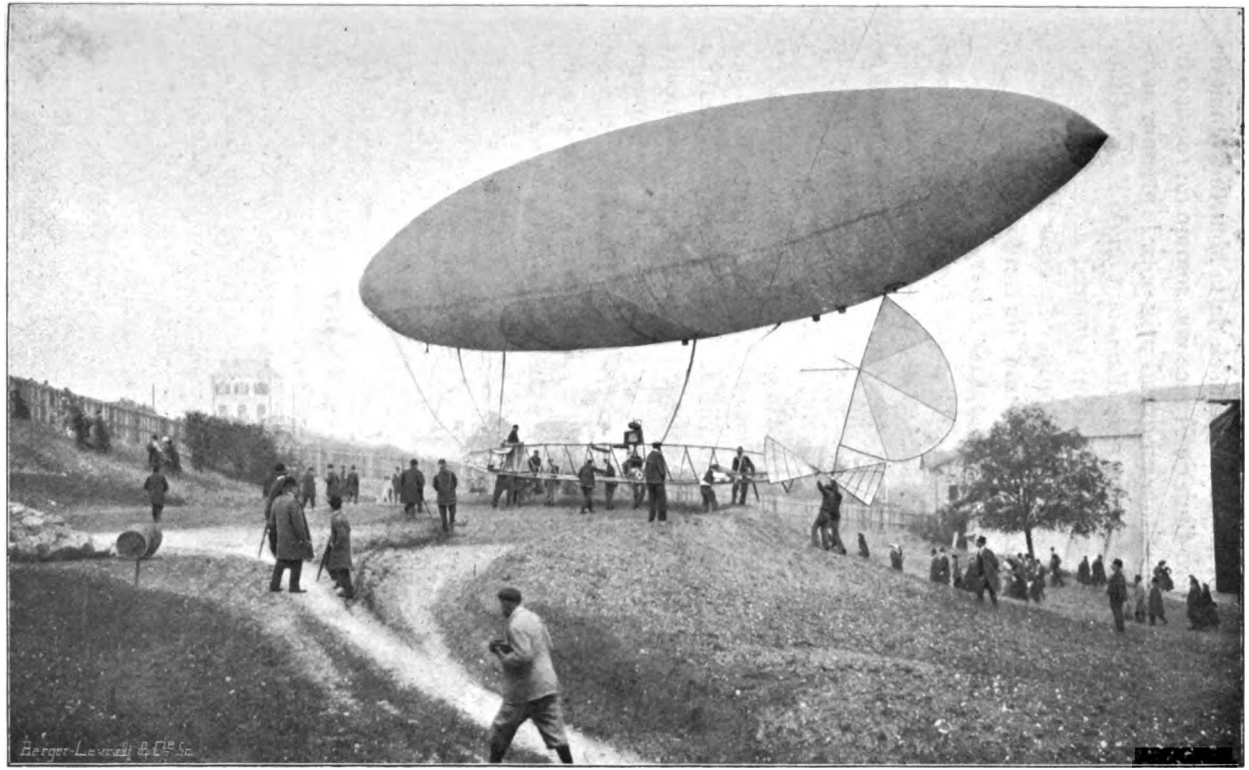
Le 18 septembre 1898 le *Santos-Dumont* n° 1 s'élance dans l'espace. Mais, manquant de stabilité et de rigidité, il allait bientôt se plier en deux et se précipiter à terre de 400 m. de haut. Le jeune aéronaute ne se fit aucun mal. Pendant toute sa carrière aéronautique il faillit se tuer continuellement, et fut continuellement sauvé comme par miracle (1).

Le n° 2 n'eut guère de succès; il ne sortit qu'à la corde.

Le n° 3, de 500 m³ avec hélice à l'avant, put évoluer librement par temps calme, mais, très mal équilibré, il éprouva des effets de balancement terribles.

1. Nous renvoyons les lecteurs qui s'intéresseraient aux détails des aventures vraiment extraordinaires de M. Santos-Dumont à l'ouvrage de M. Lecornu déjà cité.

Digitized by Google



Ph. Branger.

Fig. 18. — Dirigeable *Santos-Dumont* nº 6 (1901).

Digitized by Google

Le riche pétrolier M. Deutsch de la Meurthe venait de verser à l'Aéro-Club de France une somme de 100 000 fr. destinée à constituer un grand prix pour le premier aéronaute qui, partant du parc d'aérostation de l'Aéro-Club, à Longchamps, à bord d'un appareil aérien de nature quelconque, pourrait contourner la Tour Eiffel et revenir au point de départ en moins de trente minutes.

M. Santos-Dumont résolut d'enlever ce prix.

Le n° 3 n'ayant pu remplir les conditions de vitesse voulues et ayant montré son insécurité, Santos construisit un nouveau ballon ultra-léger sans nacelle; l'aéronaute se tenait sur une simple selle de bicyclette placée sur une quille en bambous.

En 1901 le n° 5 comporte une poutre armée destinée à donner de la rigidité à l'ensemble; Santos tente, le 12 juillet, de doubler la Tour Eiffel. Arrêté par un accident au gouvernail, il répare et recommence le lendemain; cette fois il termine par un accident de moteur au moment de l'atterrissage, après un trajet de quarante secondes. Voulant à tout prix réussir, il recommence le 8 août, mais brise son aéronat contre les toits du grand hôtel du Trocadéro.

Enfin, le 19 octobre 1901, avec le n° 6, il parvient à conquérir le prix Deutsch, qui lui est attribué avec quelque hésitation, après un parcours de trente minutes trente secondes, mais non sans avoir beaucoup risqué, car l'aéronat avait tangué effroyablement.

Lauréat du prix tant désiré, le vaillant aéronaute s'efforce désormais de varier ses exploits. Il va d'abord s'installer à Monte-Carlo et prépare un voyage maritime, mais, le 14 février 1902, le balancement est si accentué, que les fils de suspension détendus se prennent dans l'hélice, le ballon se déchire et s'abat dans la mer.

On venait d'organiser un concours de dirigeables en Amérique pour l'exposition de Saint-Louis. Santos-Dumont, pour y prendre part, construit un aéronat à grande

Digitized by Google

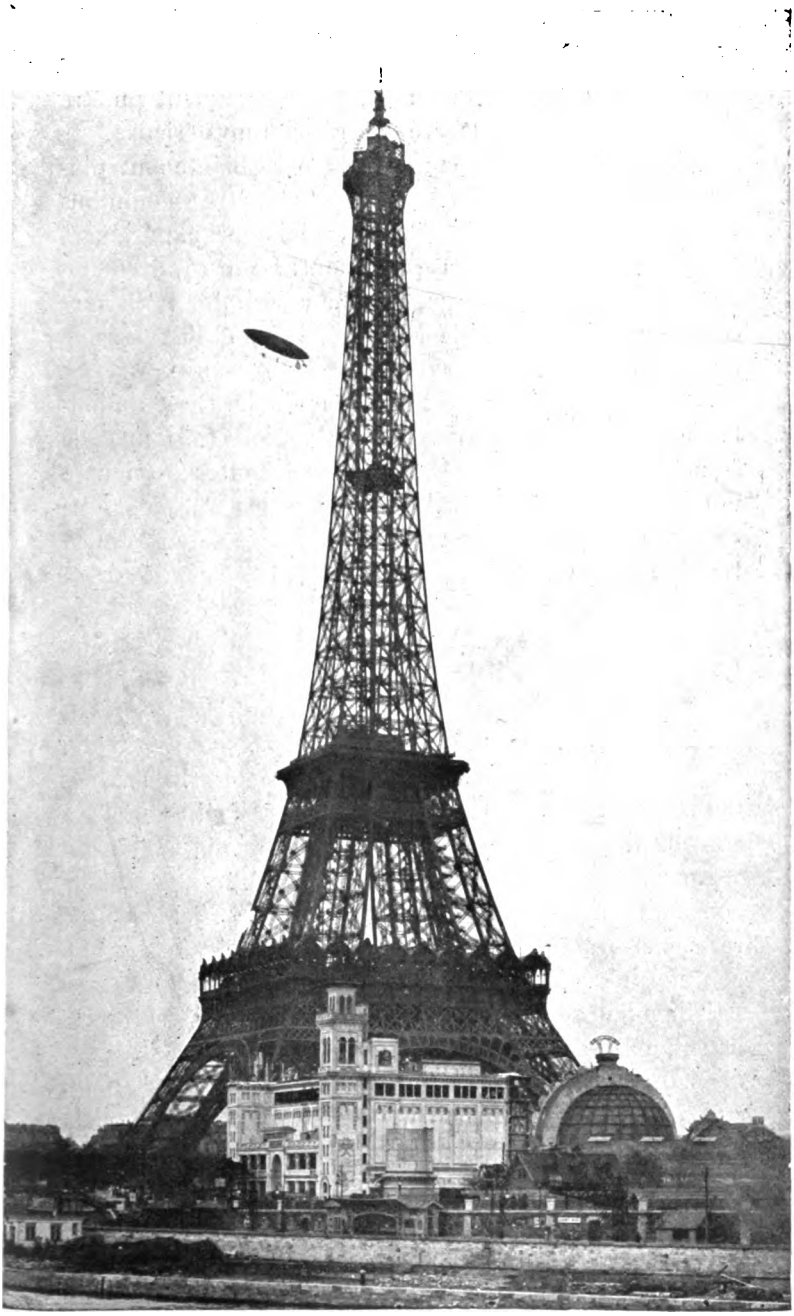


Fig. 19. — Santos-Dumont gagnant le prix Deutsch (19 octobre 1901).

Digitized by Google

vitesse, le n° 7; mais, avant que les essais aient pu être tentés, l'aéronat était lacéré d'une façon mystérieuse.

Revenu en France, Santos construit maintenant plusieurs aéronats à la fois. Le n° 10 devait être un omnibus aérien pour quatorze personnes, mais les expériences n'ont pas été poussées jusqu'au bout. Le n° 14, de 41 m. de long sur $3^m,40$ de large, est une « véritable périssoire aérienne », incapable de stabilité, suivant l'expression de M. Lecornu.

Seul le n° 9 s'est montré assez maniable. C'est un ballon automobile de promenade très petit (261 m^3), de forme ovoïde peu allongé, avec lequel Santos-Dumont a fait pendant trois mois l'admiration des Parisiens. Le 14 juin 1903 il va assister aux courses de Longchamps. Le 23 juin il atterrit avenue des Champs-Élysées devant sa demeure. Le lendemain il fait une ascension nocturne. Le 11 juillet il va déjeuner au restaurant de la Cascade. Le 14 juillet il assiste du haut des airs à la revue de Longchamps, et salue la tribune présidentielle.

Mais, malgré ces succès entremêlés d'accidents, M. Santos-Dumont, à partir de 1905, a interrompu ses tentatives aéronautiques, pour se livrer, comme nous le verrons plus loin, à la construction d'appareils d'aviation.

En somme, malheureusement, des nombreux aéronats construits, des très multiples ascensions exécutées, il ne reste pas grand'chose. Certes, il faut rendre justice au courage intrépide, à l'ardeur infatigable de l'aéronaute brésilien; il faut s'incliner devant la chance incompréhensible à laquelle il doit de ne s'être pas tué dix fois, mais on ne peut retirer de toutes ses tentatives aucun enseignement positif, ni noter aucun progrès de la question aérienne.

C'est que M. Santos-Dumont a été un très brillant sportsman, un vaillant amateur, et non un scientifique. Il n'a su profiter ni des leçons de ses prédécesseurs, ni de sa propre expérience, s'amusant à varier sans méthode la

Digitized by Google

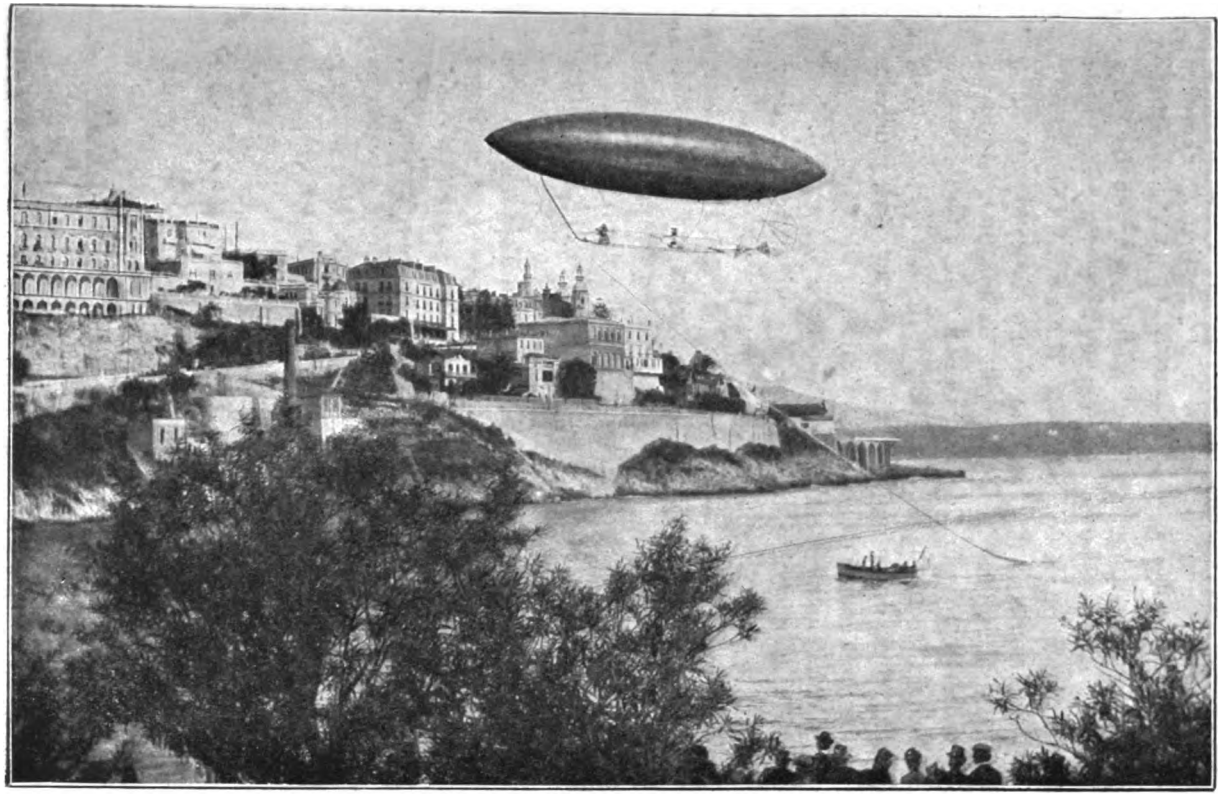


Fig. 20. — Le *Santos-Dumont* n° 6 à Monaco.

Digitized by Google

forme et la nature de ses aéronats, au lieu de chercher à perfectionner ceux qui avaient donné des résultats relativement bons. Il a pu établir divers modèles très petits, fonctionnant à peu près par un temps calme, mais a complètement échoué dès qu'il a essayé de construire des aéronats de grande dimension ou à grande vitesse.

De plus, tous les modèles de Santos-Dumont ont un caractère commun, leur très grande instabilité : chaque fois qu'ils ont dépassé la vitesse de 4 m. à la seconde, ils ont éprouvé des mouvements de tangage qui, plusieurs fois, ont amené des chutes terribles.

Voici comment on peut expliquer ce phénomène.

Tout dirigeable se compose essentiellement de deux parties, un ballon et une hélice mue par un moteur placé dans la nacelle : le ballon, plus léger que l'air déplacé, indispensable pour équilibrer dans l'atmosphère le poids de tout l'appareil, est forcément très volumineux; non seulement il ne peut servir à rien pour assurer le mouvement en avant, mais il est même un obstacle considérable à ce mouvement, car, malgré tous les moyens employés pour la réduire au minimum, l'air oppose une résistance d'autant plus difficile à vaincre que la vitesse est plus grande (1).

Pendant ce temps la force de propulsion s'exerce, elle, par l'organe d'une ou plusieurs hélices, qui, par nécessité de construction, sont le plus souvent placées à hauteur ou très près de la nacelle. Cette nacelle est elle-même en dessous du ballon et le plus loin possible, à cause du danger qu'il y aurait (les catastrophes de Wœlfert et de Sévéro l'ont assez prouvé !) à rapprocher un moteur, quel qu'il soit, de la masse inflammable du gaz.

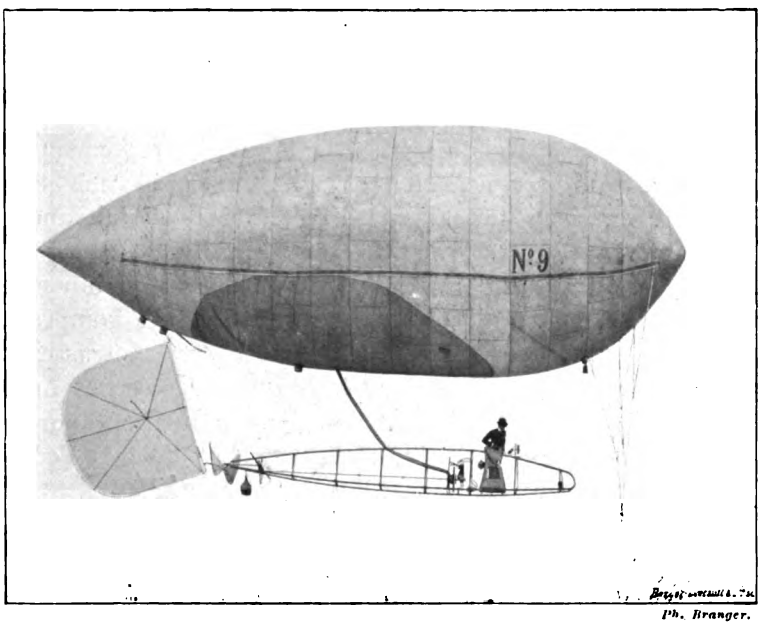
Il s'ensuit que, tandis que la résistance s'exerce sur la partie supérieure du système, le ballon, la poussée vient

1. Cette résistance croît non pas en proportion arithmétique avec cette vitesse, mais avec le carré de cette vitesse : pour une vitesse double elle est quadruple.

Digitized by Google

de la partie inférieure, l'hélice. On conçoit facilement qu'il y ait ainsi, entre ces deux forces de sens opposé mais qui ne sont pas appliquées à des points du même axe de mouvement, une lutte qui tend à déséquilibrer l'ensemble.

Si cette lutte était absolument régulière il serait relativement facile d'y remédier par des artifices de forme,



Ph. Branger.

Fig. 21. — Le *Santos-Dumont* n° 9.

mais elle est au contraire assez irrégulière : aucun moteur ne peut donner une constance parfaite de force, son effort se modifie tout au moins à chaque changement de vitesse; d'autre part, l'air, agité souvent en remous de toutes sortes, offre une résistance dont l'intensité varie. Par moment l'une des deux forces l'emporte donc sur l'autre, ce qui donne à l'ensemble du véhicule aérien un

Digitized by Google

angle par rapport à la position d'équilibre, puis la cause se modifiant, l'appareil se redresse, mais, par un phénomène d'inertie bien connu, la position d'équilibre est alors dépassée : c'est un balancement.

Les causes se renouvellent, et le balancement croît parfois d'une façon terrible. En effet, il se produit un nouveau phénomène qui ne tend qu'à l'augmenter.

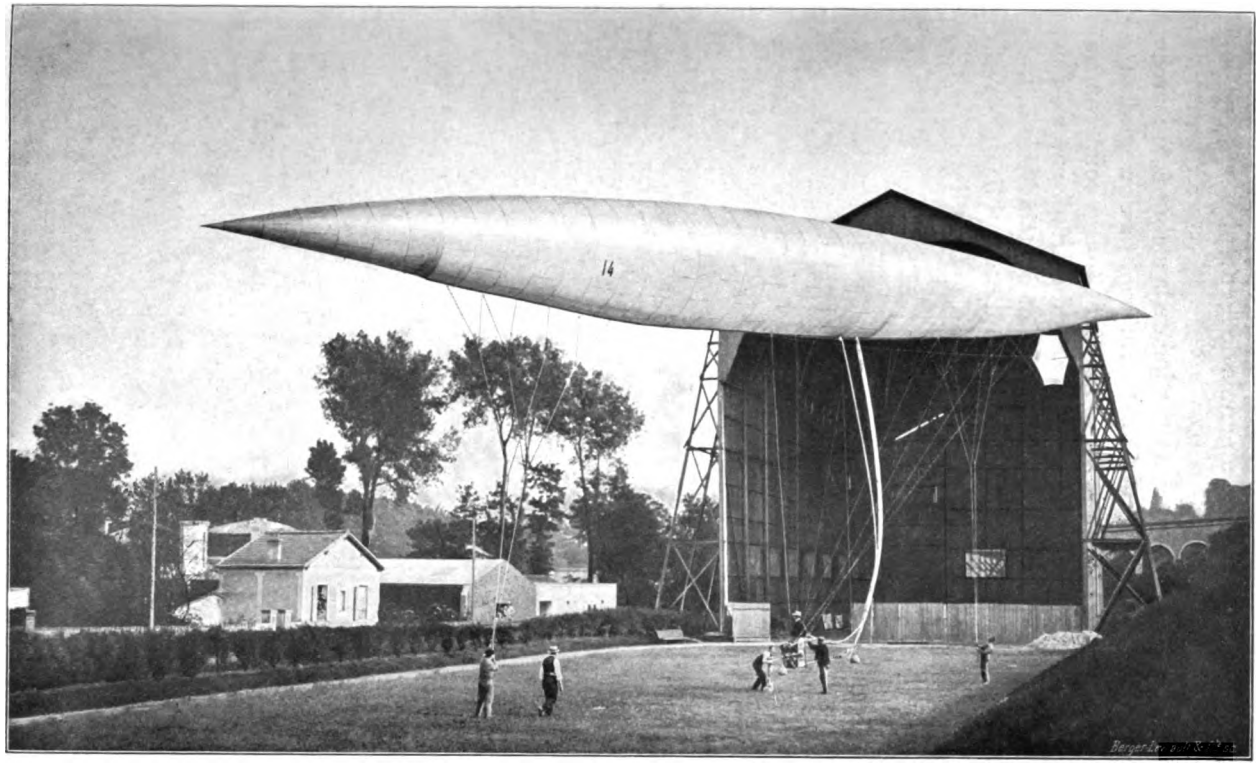
On sait que, pour diminuer autant que possible la résistance de l'air, on est obligé d'employer non des ballons ronds comme des ballons libres, mais des ballons allongés. Quand le ballon se trouve incliné par suite d'une cause quelconque, s'il n'est pas assez plein pour que le gaz qu'il renferme le remplisse parfaitement, ce gaz, qui tend à monter par suite de sa légèreté, se porte vers la pointe la plus élevée, ce qui ne fait que la relever.

Ce mouvement de balancement, au lieu de diminuer, risque donc parfois d'augmenter au point de rompre complètement l'équilibre d'un appareil forcément assez fragile : le ballon plie et crève, ou bien les cordes de suspension dont quelques-unes, dans la position anormale du ballon très incliné, supportent seules tout l'effort de traction, se rompent.

C'est ce qui est arrivé au deuxième ballon de Giffard, à plusieurs des dirigeables de Santos-Dumont et à un certain nombre d'aéronats étrangers.

Il faut remarquer que ce danger est d'autant plus grand que le ballon a une forme plus allongée et que, d'autre part, il croît avec la vitesse et beaucoup plus vite qu'elle : le calcul et l'expérience montrent qu'avec une vitesse double cette tendance au balancement est quadruple, c'est-à-dire qu'elle augmente avec le carré de la vitesse. C'est ce qui explique que ce fâcheux phénomène ne se soit que peu manifesté, tant que l'imperfection des propulseurs a condamné les aéronats à des vitesses faibles, et qu'il soit devenu terrible dès que l'apparition

Digitized by Google



Ph. Branger

Fig. 22. — Le *Santos-Dumont* n° 14.

Digitized by Google

du moteur à pétrole a permis de filer à plus de 5 ou 6 m. à la seconde.

C'était donc dans la question de la stabilité de marche une nouvelle difficulté dont on n'avait pas pu se douter dans les débuts, et qui se révélait tout à coup comme un des éléments les plus gênants du problème, au moment où l'on se croyait sur le point d'atteindre le but.

Nous verrons plus loin comment cette difficulté devait être vaincue par l'ingénieur français M. **Julliot.**

Digitized by Google

CHAPITRE II

QUELQUES NOTIONS

Avant de montrer dans le *Lebaudy* la solution actuelle du problème tant cherché de la direction des ballons, il paraît utile, pour le bien comprendre, de revenir un peu sur certaines notions capitales, sur lesquelles les personnes qui ne se sont pas occupées de questions aéronautiques, certains inventeurs même, ont des idées assez vagues, notions dont quelques-unes remontent au général Meusnier (1784), mais ont été à peu près complètement perdues pendant longtemps, enfin ont été reprises, développées et remises en honneur par le colonel Renard.

Vent et vitesse. — Un mouvement est toujours relatif à quelque chose. Nous avons l'habitude de considérer les déplacements par rapport au sol ferme de la terre; cela est fort naturel, puisque nous ne nous déplaçons en général que pour nous porter d'un point à un autre de ce sol.

Mais lorsqu'on s'occupe d'un véhicule qui se meut, non pas en prenant appui sur cette croûte terrestre, mais sur un élément mobile lui-même, il importe, pour pouvoir juger des efforts à produire, des effets à rechercher, des règles de conduite, de considérer d'une façon distincte le mouvement propre du véhicule dans l'élément où il prend son appui, et le mouvement général par rapport au sol, qui nous intéresse comme résultat.

Si cet élément, eau ou air, est immobile, il est évident que tout déplacement à l'intérieur de cet élément sera en même temps identique par rapport au sol terrestre.

Digitized by Google

Mais si cet élément se meut lui-même, alors tout change et le déplacement réel par rapport au sol est alors la résultante, la combinaison du mouvement du véhicule dans cet élément, et du mouvement de cet élément par rapport au sol.

Il se produit exactement le même phénomène que lorsqu'un piéton circule dans le couloir d'un train lui-même en marche. S'il va dans le même sens que le train, il se trouve avancer par rapport au sol, plus que le train lui-même ; les deux vitesses s'ajoutent exactement ; s'il va en sens contraire, son déplacement par rapport au train vient en déduction du déplacement du train.

Combien d'enfants ou même de grandes personnes ne se sont-ils pas amusés à marcher ou à courir sur le trottoir roulant de l'Exposition universelle de 1900 ? En allant dans le même sens, on éprouvait la sensation bizarre de voir les maisons voisines défiler avec une vitesse effrayante, comme si l'on marchait avec des bottes de sept lieues. Dans l'autre sens, au contraire, on pouvait marcher tout en restant exactement immobile par rapport à ces maisons, lorsqu'on prenait une allure précisément égale à la vitesse de la plate-forme roulante.

Un exemple encore plus saisissant se présente à nous lorsque nous regardons ce qui se passe sur les rivières à courant ; voyez ce radeau abandonné au fil de l'eau : il se meut à la vitesse de cette eau qui l'emporte sans résistance. Viennent à passer deux bateaux à vapeur de même force et fournissant exactement le même effort, mais l'un descendant le courant et l'autre le remontant ; celui qui descend ira beaucoup plus vite que le radeau, et vous paraîtra, à vous qui êtes immobile sur la rive, filer à grande vitesse ; celui qui monte nous paraîtra avancer péniblement et lentement en luttant contre le courant. Et qu'on ne se laisse pas tromper par les expressions usuelles mais fausses de monter et descendre le courant, il n'y a, en l'espèce, aucune pente appréciable ascendante ou descen-

Digitized by Google

dante, ces mots expriment seulement le sens du déplacement de l'eau. L'effort du dernier bateau, malgré l'apparence, est identique à celui du premier; leurs vitesses semblent égales au batelier placé sur le radeau. Si tous deux fournissent l'effort nécessaire pour un déplacement, par exemple de 5 m. à la seconde en eau calme, et si, d'autre part, la rivière a un courant de 2 m. à la seconde, l'un des bateaux parcourra en réalité $5 + 2 = 7$ m. par seconde; l'autre aura avancé dans l'eau de 5 m., pendant que cette eau aura filé en sens contraire de 2 m., de sorte qu'il n'aura, en fin de compte, progressé que de $5 - 2 = 3$ m.

C'est exactement ce qui se produit pour les véhicules aériens, avec cette seule différence que cela est plus exact encore. Car, pour les déplacements combinés sur terre ou sur l'eau, nous avons, afin de simplifier, fait abstraction de l'influence de la résistance de l'air sur la partie du bateau qui n'est pas plongée dans l'eau. Pour les déplacements dans l'atmosphère il n'y a rien d'analogue, puisque c'est dans cette atmosphère même qu'on veut se mouvoir, et que tout l'appareil y est entièrement plongé.

Ce que nous appelons vent, nous qui sommes rivés au sol, c'est tout simplement le déplacement de l'air par rapport au sol ou à nous-même, c'est le pendant du courant de la rivière.

Le ballon libre, qui n'est doué d'aucun mouvement propre (dans le sens latéral), se comporte comme la poutre inanimée abandonnée au fil de l'eau : il est emporté par l'air dans lequel il se trouve noyé, sans aucune résistance, puisqu'il n'a aucun point de contact avec quoi que ce soit en dehors de cet air qui l'enveloppe.

Si maintenant nous dotons ce ballon d'un appareil de propulsion, qui lui donnera un déplacement propre par rapport à l'air qui l'entoure, on comprend que l'espace parcouru sera la résultante du mouvement propre im-

Digitized by Google

primé par l'hélice par rapport à l'air et du déplacement de cet air, c'est-à-dire du vent.

Pour préciser, traduisons ces mouvements par des figures géométriques, envisageant les trois cas types : aéronat marchant dans le même sens que le vent — contre le vent — dans une direction oblique (fig. 23).

Soit O le point de départ à un moment donné. Prenons pour unité de temps l'heure de marche, par exemple. Figurons en OA le trajet parcouru pendant ce temps par le dirigeable, s'il n'y a pas de vent du tout, c'est-à-dire sa vitesse à l'heure.

Supposons maintenant un vent AB soufflant dans le même sens, pendant que le dirigeable aura parcouru la distance OA, le vent qui l'emporte aura, lui, parcouru la distance AB, le dirigeable, au bout de l'heure, sera donc réellement en B.

Si le vent est contraire et d'une vitesse AC plus faible que celle du dirigeable, elle viendra en déduction du déplacement que le dirigeable aurait accompli en air calme, celui-ci ne sera donc parvenu, après une heure de marche, qu'en un point tel que C.

Si ce vent avait une vitesse supérieure à celle du dirigeable, il serait impossible à celui-ci de progresser, le vent l'emporterait malgré tous ses efforts, et, au lieu d'avancer, il reculerait.

Supposons maintenant la direction de marche du dirigeable oblique par rapport au vent : pendant que le dirigeable aura marché avec une vitesse OA, l'air s'étant dans le même temps déplacé dans le sens et d'une quantité AD ou AE, aura transporté latéralement l'aéronat d'une même quantité ; celui-ci se trouvera donc en D ou en E.

En décrivant autour du point O (fig. 24) une circonférence dont le rayon serait égal à la vitesse maximum d'un aéronat déterminé dans le temps considéré, nous obtenons dans le cercle BECF du centre O le lieu des

Digitized by Google

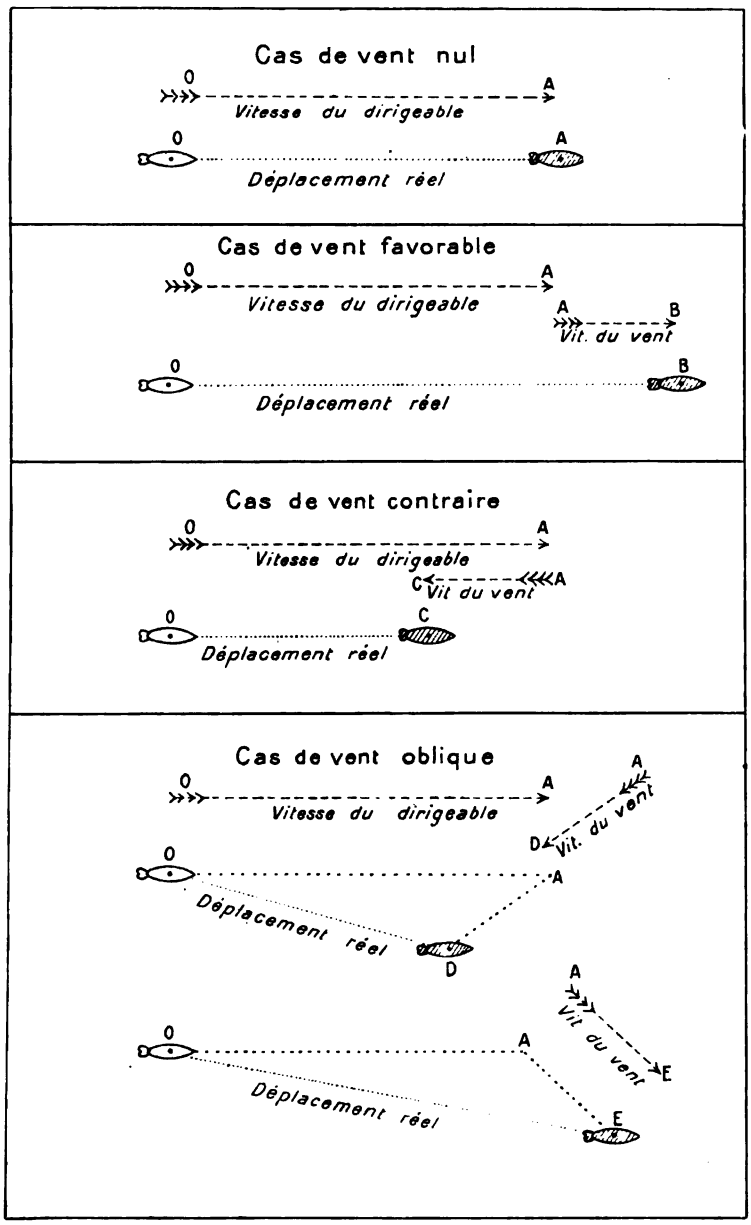


Fig. 23 — Influence de la direction du vent sur la marche d'un dirigeable.

Digitized by Google

points qu'il peut atteindre au bout de ce temps, en dépensant tout ou partie de sa force.

Étudions maintenant l'influence sur la marche du dirigeable d'un vent d'abord plus faible que la vitesse propre de ce dirigeable, ensuite d'égale force, enfin plus fort.

Le vent est-il plus faible que la vitesse du dirigeable et d'une intensité OO′ (fig. 24-1), il est clair que, quelle que soit la direction prise par le dirigeable, celui-ci aboutira à l'un des points tels que B′C′E′F′ du cercle O′ qui représente le lieu des points qu'il peut réellement atteindre dans ce cas, et que le colonel Renard, dans son mémoire de 1886, dénomme circonférence « abordable ».

Si la vitesse du vent est précisément égale à celle du dirigeable (fig. 24-2), on voit qu'il lui est impossible d'atteindre aucun des points qui se trouvent au delà de la ligne MN, tangente, au point O, à la circonférence O″.

Si enfin le vent est plus rapide que le dirigeable (fig. 24-3), le lieu des points possibles à atteindre étant le cercle O‴, le dirigeable ne peut évoluer que dans le secteur aigu POQ limité par les deux tangentes OP et OQ à la circonférence O‴ dénommé « secteur abordable ». Dans ces deux derniers cas la dirigeabilité pourra être appelée *relative,* l'aéronat ne pourra obtenir qu'une *déviation* plus ou moins grande par rapport à la direction du vent, comme cela s'est produit avec les premiers dirigeables (*Giffard, Dupuy-de-Lôme, etc.*).

On voit par ce court aperçu combien la marche des aéronats est intimement dépendante de la direction et de la vitesse du vent en même temps que de leur vitesse propre.

Or cette vitesse du vent est toujours assez grande, et parfois très considérable. D'après les nombreuses observations faites, depuis une quinzaine d'années, du haut de la Tour Eiffel, au Pic du Midi et en divers autres endroits,

Digitized by Google

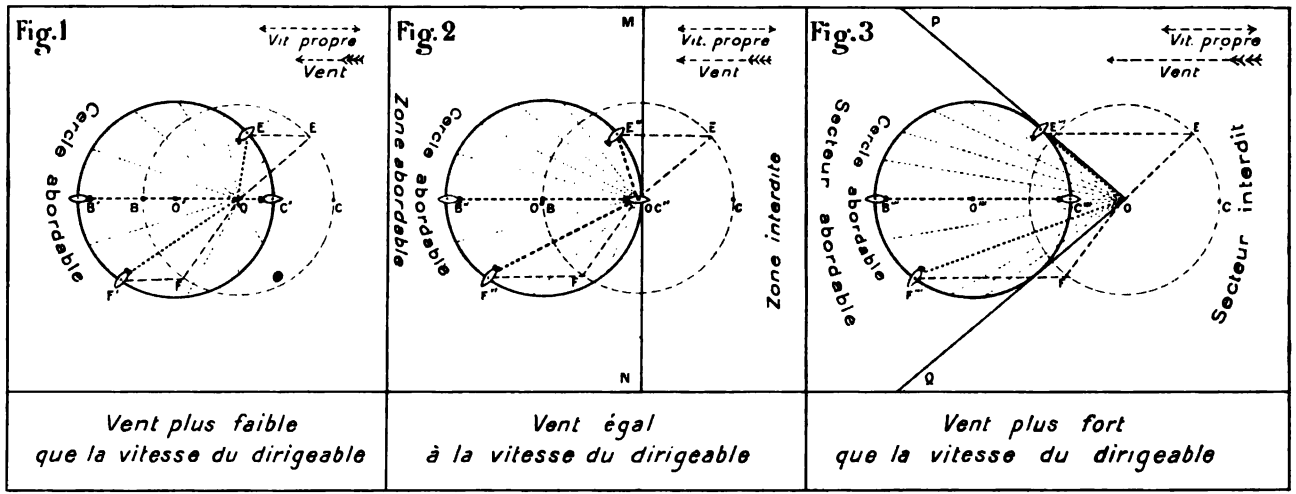


Fig. 24. — Influence de la force du vent sur la marche d'un dirigeable.

Digitized by Google

les vents atteignent, en moyenne, en France, les différentes vitesses un nombre de jours par an représenté approximativement par la courbe ci-contre (fig. 25).

Cette courbe montre, par exemple, qu'on ne peut espérer trouver dans toute l'année qu'une dizaine de journées pendant lesquelles le vent conserve une vitesse inférieure à 3 m. à la seconde, c'est-à-dire qu'un dirigeable fournissant une vitesse propre de 3 m. ne pourra, que dix jours par an, par conséquent tout à fait exceptionnellement, marcher en tous sens; elle montre que cent quatre-vingts jours par an, la moitié de l'année, les vents atteignent $9^m,50$; que pendant une journée sur trois le vent arrive à 12 m.

Et on jugera de la difficulté que l'on a eue jusqu'ici à diriger les aéronats, si l'on se souvient que le *Dupuy-de-Lôme* n'a pu marcher qu'à $2^m,80$, que le *Giffard* n° 2 avait fait 3 m., que le *Tissandier* n° 2 a atteint 4 m., que la *France,* dans ses dernières expériences, est arrivée à $6^m,50$, le *Santos-Dumont* n° 6 à 8 m., enfin le *Lebaudy* à 11 m. et la *Patrie* à 13 m.

Cette courbe montre également que les vents les plus fréquents étant voisins de 9 m., il y a le plus grand intérêt à les dominer, qu'il est même utile d'atteindre 14 ou 15 m., mais que chercher à obtenir des vitesses plus grandes ne donnerait qu'un profit minime, tout à fait disproportionné avec les difficultés immenses qu'une plus grande augmentation de vitesse entraînerait. On peut donc deviner qu'on s'efforcera d'atteindre des vitesses de 15 m. mais qu'on ne cherchera pas à aller beaucoup plus loin.

Enfin cette figure fait ressortir le pas considérable accompli par le *Lebaudy,* qui peut, avec ses 11 m. de vitesse, évoluer à peu près deux cent trente jours par an, tandis que les dirigeables de 6 à 8 m. ne peuvent le faire que soixante à cent fois.

Digitized by Google

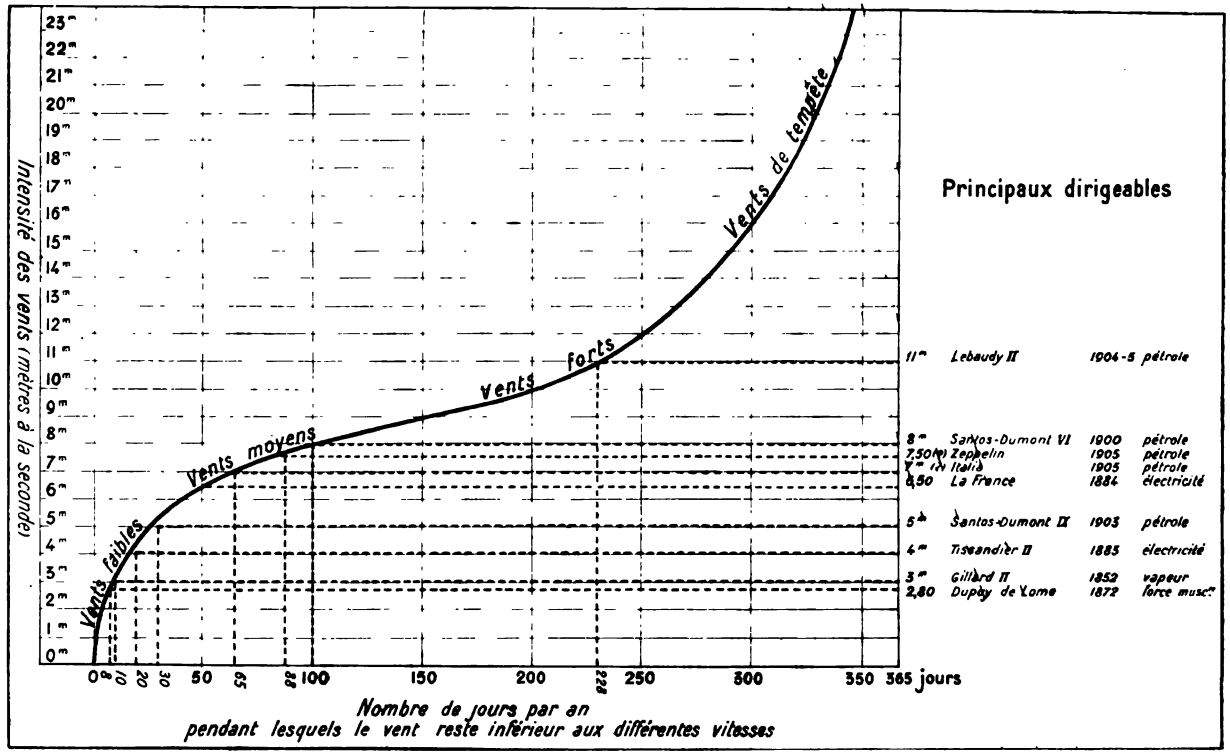


Fig. 25. — Courbe des vents montrant la faculté de marche des dirigeables suivant leur vitesse propre.

Digitized by Google

Le ballonnet. — Il est un autre point sur lequel il nous paraît utile de fixer les idées : c'est sur le rôle du ballonnet, imaginé par Meusnier dès 1784 et reconnu aujourd'hui indispensable aux ballons libres et encore plus aux dirigeables.

Cet organe joue dans nos aéronats un double rôle : il sert de stabilisateur dans le sens vertical, et il assure la permanence de la forme.

Lorsqu'un ballon libre a été équilibré à la surface du sol, c'est-à-dire que son lest a été gradué de façon que le poids total corresponde exactement au poids de l'air déplacé, ou à la force ascensionnelle brute, l'aéronat ne pèse rien, il est en équilibre, un rien le ferait monter. Ce ballon n'est pas plein, c'est-à-dire que le gaz qu'il renferme n'occupe pas la totalité de la capacité de l'enveloppe, on verra tout à l'heure pourquoi.

Le moment est venu de partir, on jette 5 kg de lest par-dessus bord ; la force ascensionnelle va être maintenant de 5 kg supérieure au poids, le ballon va donc monter sous cette poussée de 5 kg.

Pendant cette ascension que se passe-t-il ? Le ballon, en s'élevant, pénètre dans une couche d'air dont la pression est moindre ; le poids de chaque mètre cube d'air déplacé diminue donc. Mais, d'autre part, le gaz, qui n'est pressuré que par l'air ambiant, étant moins pressuré, se dilate (c'est pour permettre cette dilatation que le ballon n'était pas rempli au départ). Le volume total du ballon va donc être plus grand, l'air déplacé plus considérable, ce qui va contrebalancer la diminution de densité de cet air.

Le calcul et l'expérience démontrent que ces deux phénomènes se compensent exactement [1] et que l'excédent

1. D'après la loi de Mariotte, le volume occupé par un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il supporte, tandis que le poids spécifique de l'air lui est directement proportionnel ; le produit de ces deux facteurs, représentant la poussée, est donc constant.

Digitized by Google

de force ascensionnelle que nous venons de créer tout à l'heure va rester constant; le ballon va donc monter, et monter indéfiniment, du moins tant qu'une cause déterminante nouvelle n'interviendra pas pour modifier la valeur de cette poussée.

Mais le gaz, qui peu à peu se dilate, finit, à un moment donné, par remplir le volume de l'enveloppe.

A partir de ce moment, tant que le ballon poursuit son mouvement d'ascension, l'air déplacé continue à devenir de plus en plus léger, mais le volume de cet air déplacé, c'est-à-dire du ballon, ne croît plus. On voit donc que bientôt la poussée qui avait jusque-là fait monter l'aérostat, va disparaître. Le mouvement ascensionnel va s'arrêter, le ballon ne montera plus : il sera en équilibre, à une hauteur qui dépend uniquement du moment où le ballon sera plein.

Cet équilibre va-t-il au moins pouvoir être conservé ? Hélas ! non, car, sans parler d'autres causes de modification, la température n'est pas uniforme. Que l'aérostat, véhiculé par le vent, vienne à passer au-dessus d'une rivière ou d'une forêt, cela produit, jusqu'à d'assez grandes hauteurs, un abaissement de température beaucoup plus considérable qu'on ne peut se le figurer : le gaz se condense, déplace moins d'air, le ballon descend (1).

Qu'on sorte du cône d'ombre d'un nuage pour recevoir les rayons du soleil, voilà, pour le gaz renfermé dans le vase clos qu'est le ballon, une élévation de température presque subite et importante.

Si ce ballon était hermétiquement clos, le gaz, que l'élévation de température tend à dilater, ne tarderait pas à faire éclater l'enveloppe. C'est pour cela qu'on l'a

1. On pourrait croire que cette modification de température agissant sur l'air en même temps que sur le gaz du ballon, les effets produits se compensent. Ce n'est pas vrai, car le coefficient de dilatation d'un gaz léger comme l'hydrogène est beaucoup plus considérable que celui d'un fluide lourd comme l'air.

Digitized by Google

pourvu de soupapes d'échappement, qui s'ouvrent automatiquement, dès que ce gaz atteint une surpression déterminée, et qui laissent fuir la quantité de gaz voulue pour ramener la pression intérieure à une valeur très voisine de la pression extérieure.

Mais ce gaz échappé a diminué la force ascensionnelle de 1, 2 ou 3 kg par exemple. Le poids total devenant maintenant plus fort que le poids de l'air déplacé, l'équilibre est rompu, le ballon descend.

Et un phénomène identique à celui que nous venons d'expliquer pour la montée va se produire, mais en sens inverse : cet excédent de poids va rester constant pendant toute la descente, le ballon va baisser... jusqu'à ce qu'une cause nouvelle intervienne.

S'il ne se produit pas d'élévation de température pendant cette descente, ou si on ne jette pas de lest, le ballon va donc descendre jusqu'à terre.

Pour l'éviter, si on veut continuer le voyage, on va jeter du lest. Mais il ne suffit pas de jeter juste la quantité correspondante à l'excédent de poids qu'a déterminé la descente et que d'ailleurs on ne connaît pas. Cela n'amènerait pas l'arrêt du mouvement de descente, car, en vertu de la force d'inertie, le mouvement commencé continuerait sans autre ralentissement que celui, très faible en l'espèce, de la résistance de l'air.

On jettera donc plus de lest qu'il ne faut pour produire l'équilibre; de nouveau la force ascensionnelle dépassera le poids et le ballon recommencera à monter et à monter jusqu'à ce que le gaz, en se dilatant, arrive à remplir l'enveloppe. Et cela se produira plus haut que la première fois, car on a moins de gaz, il faudra par conséquent une ascension plus élevée pour produire la dilatation au même volume.

Une fois la nouvelle zone d'équilibre atteinte, un nouvel incident ne tardera pas à amener une descente, qu'on arrêtera au moyen du lest, et à laquelle succédera une

Digitized by Google

nouvelle montée encore plus haut, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on soit à court de lest ou qu'on atteigne les régions où l'on ne peut plus respirer.

En somme, l'aérostat ordinaire est absolument instable dans le sens vertical; il n'y a pour lui dans l'atmosphère qu'une seule zone d'équilibre et il ne peut même pas s'y maintenir. Cette particularité semble avoir été comprise, il y a plus de cent vingt ans, par Meusnier, au lendemain même de la naissance de l'aérostation, car, c'est lui, quelque étonnant que cela paraisse, qui a imaginé le remède qu'on commence seulement depuis quelques années à appliquer aux ballons libres !

Mettons à l'intérieur du ballon un autre ballon plus petit dans lequel on peut insuffler de l'air au moyen d'un ventilateur, véritable soufflet mécanique.

Au début de l'ascension tout se passe comme nous venons de le raconter, mais lorsque l'aéronaute estime qu'il a assez monté, il lui suffit d'envoyer de l'air dans son ballonnet, il amène ainsi son ballon à la situation de plénitude, le gaz ne peut plus se dilater, l'ascension s'arrête.

L'aéronaute a donc pu *choisir sa zone* d'équilibre.

Qu'une élévation de température intervienne, le gaz, en tendant à se dilater, au lieu de sortir et de se perdre, va simplement refouler un peu de l'air sans valeur du ballonnet. Cette zone d'équilibre va donc pouvoir être conservée. L'aéronaute est *maître de sa zone* d'équilibre.

C'est ce qui explique pourquoi les ballons français, qui ont adopté le principe du ballonnet, sont bien plus dociles et capables d'aller beaucoup plus loin que les ballons simples, en particulier ceux des étrangers, qui ont beaucoup hésité à nous imiter (1).

---

1. Il faut toutefois rendre justice au major allemand von Parseval, l'inventeur des *Drachen-Ballons* (ballons-cerfs-volants), et qui a utilisé pour eux le principe du ballonnet d'une façon particulière fort ingénieuse. En outre, depuis quelque temps, les aéronautes étrangers se mettent à nous imiter.

Digitized by Google

Bien entendu, ce que nous venons de dire du rôle du ballonnet pour l'équilibre vertical des ballons libres, s'applique, dans une très large mesure, aux ballons dirigeables, qui ont tout autant besoin d'être capables de s'équilibrer à la hauteur qu'ils veulent.

Mais cet organe précieux répond en même temps, dans les dirigeables, à une nécessité en apparence toute différente, quoique, en réalité, elle se confonde presque avec celle de l'équilibre vertical.

Pour réduire au minimum la résistance de l'air et permettre en conséquence d'obtenir la plus grande vitesse possible, on a dû réduire au minimum la surface de résistance en donnant au ballon une forme allongée en fuseau ou en cigare.

Or il importe au plus haut chef que ce ballon allongé conserve absolument cette forme. S'il lui arrivait de se tordre, de se plier, on comprend que les fils de suspension se rompraient, que le ballon se déchirerait [1]. La moindre déformation, si même elle ne conduisait pas à semblable catastrophe, nuirait gravement à la sûreté de la marche.

Il faut donc coûte que coûte empêcher ce ballon de se déformer, et pour cela de devenir flasque, il faut assurer la permanence absolue de sa forme.

Pour y arriver on a employé plusieurs moyens, et c'est surtout par là que diffère la méthode anglo-allemande, qui a jusqu'ici si médiocrement réussi, de la méthode française, qui a seule triomphé.

Les Allemands et les Anglais ont cru pouvoir assurer cette permanence au moyen de carcasses métalliques, inévitablement lourdes et fragiles. Ils n'ont guère obtenu que des résultats négatifs ou des catastrophes.

En France la plupart des inventeurs et à leur suite

1. C'est ce qui est arrivé au dirigeable de Bradsky, au n° 6 de Santos-Dumont, etc.

Digitized by Google

M. Julliot ont profité du ballonnet Meusnier pour assurer la permanence de la forme en maintenant constamment le gaz à une pression suffisante pour empêcher l'enveloppe de se déformer sous quelque influence que ce soit, pression qui, toutefois, ne doit jamais être assez forte pour risquer de la faire éclater.

A proprement parler, cette pression du gaz ne doit pas être constante, il serait plus exact de dire qu'elle doit être supérieure à la pression de l'air qui l'entoure, d'une différence constante.

Pour cela le gaz sera légèrement comprimé, par l'envoi dans le ballonnet, par l'aéronaute ou par des moyens mécaniques automatiques, de la quantité d'air voulue.

A-t-on dû, pour un motif quelconque, lâcher un peu de gaz, ou bien le gaz se condense-t-il, le ballon deviendrait flasque s'il n'y avait pas de ballonnet, tandis que ce précieux organe permet de maintenir exactement la pression, et d'éviter ainsi tout risque de déformation.

La source de force. — Enfin il nous paraît utile de dire quelques mots des moteurs, de leur puissance et des relations qui lient la vitesse obtenue à cette puissance.

On sait que la résistance de l'air, toutes choses égales d'ailleurs et pour une vitesse déterminée, est proportionnelle à la surface maximum que le corps en mouvement présente dans le sens de ce mouvement ; il y a donc intérêt à faire un ballon dirigeable le plus mince possible, à lui donner le plus d'allongement possible. Mais il y a à cet allongement une limite pratique : plus on allonge le corps du ballon, en effet, plus on augmente la surface de l'enveloppe, c'est-à-dire son poids. En outre, un ballon très allongé a une tendance plus grande au balancement qu'un autre, enfin il est plus difficile d'y assurer la permanence de la forme, puisque tout effort latéral agit aux extrémités sur un plus grand bras de levier.

L'expérience a montré, après le calcul, qu'un allonge-

Digitized by Google

ment (proportion entre la longueur et le diamètre maximum) voisin de 6 était le plus avantageux. C'est celui que nous avons trouvé dans la *France,* ce sera à peu près celui du *Lebaudy* et de la *Patrie.*

Il est évident que la forme du corps qui se meut influe considérablement sur la valeur de la résistance de l'air : un corps très pointu éprouvera moins de difficulté à avancer qu'un corps dont l'avant serait plat, les formes arrondies sont entre les deux. A l'arrière du corps se produit un remous très analogue à celui de la chasse d'air de l'avant, et la forme de la poupe a autant d'influence que celle de la proue. Ces influences échappent à peu près au calcul, mais l'expérience a montré que les formes les plus favorables étaient celles qui se rapprochent du fuseau, pointu aux deux bouts. C'est celle des sous-marins, c'est aussi celle de la coupe de la partie immergée des bateaux flottants. C'est enfin, sauf l'arrière, obligatoirement tronqué dans un projectile pour permettre la poussée de départ, celle de la balle française D et de la balle allemande S son imitatrice, qui sont les deux projectiles les plus récents du monde et qu'on peut par conséquent considérer comme les plus parfaits comme forme.

Enfin la résistance de l'air croît avec la vitesse, mais beaucoup plus vite qu'elle : elle est proportionnelle au carré de cette vitesse, c'est-à-dire que pour doubler la vitesse d'un mobile il faut une force quadruple, pour la tripler il faut une force neuf fois plus grande. Cette loi fait comprendre quelle énorme difficulté on a éprouvée à passer des vitesses de 2 à 4 m. obtenues auparavant, à celle de $6^{m},50$ atteinte par la *France,* et quelle distance considérable séparait encore cet aéronat des vitesses désirables de 10, 12 et 15 m.

On voit donc quelle importance capitale il y a à accroître dans la plus grande proportion possible la force du moteur. Mais à bord d'un dirigeable on est étroite-

Digitized by Google

ment limité par une question de poids. Si, pour des raisons financières, pour ne pas avoir un appareil trop embarrassant, ou pour tout autre motif, on s'arrête à un volume déterminé, on a, avec le gaz hydrogène, le plus avantageux, une force ascensionnelle brute donnée ; en déduisant les poids inévitables de l'enveloppe, de la nacelle, du gréement et des accessoires, points sur lesquels on ne peut pas gagner indéfiniment sans nuire à la solidité, il ne reste qu'une différence très limitée, un quart à un tiers dans les aéronats les mieux conditionnés, qu'il faut partager entre le moteur, le lest et les aéronautes.

C'est ce qui fait la grande importance, au point de vue qui nous occupe, plus encore qu'en matière d'automobilisme, de ce que l'on appelle vulgairement (quoique improprement au point de vue mécanique) le rendement des moteurs, c'est-à-dire leur poids par cheval-vapeur fourni.

Pour mieux faire ressortir l'influence de cette donnée, et nous permettre de nous rendre compte des motifs principaux pour lesquels on n'avait pas pu, avant la création des moteurs légers que nous possédons aujourd'hui, obtenir des vitesses suffisantes pour vaincre les vents ordinaires, examinons les poids et le travail fourni par les moteurs de nature différente des principaux dirigeables ; pour rendre la comparaison plus claire, nous calculerons le poids qu'il aurait fallu donner à ces moteurs pour qu'ils pussent fournir le même travail que le dernier considéré, celui du *Lebaudy,* soit 40 chevaux-vapeur pendant cinq heures.

Tout d'abord, remarquons qu'il y a dans un moteur à considérer deux choses distinctes : le moteur proprement dit, simple transformateur de force, et la source de force elle-même, charbon et eau pour les machines à vapeur, accumulateurs ou piles avec l'électricité, essence de pétrole avec les moteurs à explosion. Le premier de ces éléments est généralement indépendant de la durée du travail ; au contraire, le second est en principe propor-

Digitized by Google

tionnel au temps pendant lequel on demande le travail. Pour le moteur animal seul, il n'y a pas de combustible à faire entrer en ligne de compte, mais il faut, pour lui, considérer la limite de travail au delà de laquelle il doit être relevé.

Force musculaire humaine. — Dans le *Dupuy-de-Lôme,* les huit hommes d'équipe fournissaient un travail total en chevaux-vapeur de 0,65. En outre, ils n'eussent pu fournir ce travail que pendant un temps assez court. Pour le donner pendant cinq heures, il eût fallu doubler l'équipe. Le poids d'un homme vigoureux étant de 75 kg, pour 40 chevaux et cinq heures, une simple règle de trois montre qu'il eût fallu 985 hommes, soit 74 000 kg !

Vapeur. — D'après Lecornu, la machine à vapeur du *Giffard* modèle 1852 aurait pesé 159 kg avec la chaudière, et on aurait emporté 248 kg d'eau et de charbon, le travail fourni étant estimé à 3 chevaux. Enfin il est vraisemblable que cet approvisionnement pouvait permettre ce travail pendant une heure. En ce cas, le calcul de proportion nous donnerait pour 40 chevaux et cinq heures environ 16 500 kg (1).

Électricité. — 1° Le *Tissandier* avait, d'après le colonel Renard, une machine de 225 kg, capable de fournir un travail de 1ch,33 pendant deux heures et demie, ce qui correspondrait, pour le travail et le temps considérés, à 13 500 kg.

2° Dans la *France* le travail pouvait atteindre 9 chevaux, pendant une heure quarante-cinq minutes de durée, ou 8 chevaux pendant deux heures. Pour cinq heures et 40 chevaux, cela ferait en chiffres ronds 6 200 kg.

Essence de pétrole. — Enfin le moteur à pétrole du *Lebaudy,* qui donne ce travail de 40 chevaux, pèse

1. Il est évident que ces chiffres sont plus qu'approximatifs. Le poids d'un moteur, sauf les moteurs humains, n'est pas proportionnel au travail, etc., mais nous nous sommes contenté des proportions arithmétiques, pour simplifier, l'exactitude des résultats n'ayant aucune importance en l'espèce.

Digitized by Google

300 kg. Comme combustible il ne consomme que 14 kg d'essence par heure, soit en cinq heures 70 kg. Au total le poids considéré est donc de 370 kg.

En résumé, pour produire un effet analogue à celui d'un bon moteur à pétrole, en prenant pour types les moteurs des dirigeables qui ont existé, nous voyons que la force musculaire serait 200 fois trop lourde, la vapeur 44 fois et l'électricité 17 fois.

Ces chiffres, quelque approximatifs que puissent être quelques-uns d'entre eux, montrent quel immense progrès a fait faire à la question l'apparition du moteur à pétrole.

Avec lui la résolution du problème était devenue possible.

La stabilité. — Mais elle était encore arrêtée par une autre grosse difficulté, celle de la stabilité longitudinale.

C'est cette difficulté de la stabilité longitudinale qui a fait échouer la plupart des tentatives faites depuis l'apparition des moteurs légers. C'est en grande partie à l'heureux remède trouvé pour la combattre qu'est dû le succès du fameux dirigeable français. Il est donc intéressant d'examiner un peu cette question particulièrement importante et de rechercher à qui est dû le mérite de l'invention de l'empennage.

Comme nous l'avons déjà dit, la question de la stabilité longitudinale dans l'air est tout à fait nouvelle. En effet, il était à peu près impossible qu'on se doutât de cette difficulté d'ordre tout particulier avant qu'elle se fût manifestée, et elle ne pouvait se manifester que lorsqu'on atteindrait avec des dirigeables des vitesses assez grandes, c'est-à-dire lorsque les moteurs arriveraient à une puissance inconnue avant ces dernières années.

Toutefois, dès 1855, nous avons vu que le *Giffard* n° 2, très allongé, avait subi des mouvements de tangage prononcés, qui ont été, d'ailleurs, la cause déterminante de l'accident arrivé au moment de l'atterrissage.

Digitized by Google

Plus tard, les différents *Santos-Dumont* ont tous été extrêmement instables; c'est par suite d'un renversement que le n° 6 est tombé dans la Méditerranée. A la même époque la catastrophe mortelle du *Bradsky* est due à la même cause.

Le phénomène s'affirmait donc peu à peu, provoquant de la part des gens sérieux la recherche du remède.

La médecine nous apprend qu'il y a deux sortes de moyens de combattre un mal: les moyens préventifs et les moyens curatifs. Il en est à peu près de même en physique, lorsqu'il s'agit de s'opposer à un phénomène fâcheux: on peut chercher à éviter ou diminuer les causes, ensuite, si cela ne suffit pas, à contrebattre leurs effets.

Dans le premier ordre d'idées, l'expérience a eu vite démontré que les ballons avaient une tendance d'autant plus prononcée au balancement qu'ils étaient plus allongés. Il importe donc de ne pas exagérer l'allongement, comme l'ont fait Giffard, Santos-Dumont et Deutsch de la Meurthe (au début), avant d'être bien sûr de posséder des moyens efficaces d'en empêcher le fâcheux effet.

Mais, d'autre part, il y a des inconvénients importants à réduire par trop l'allongement, puisqu'en le faisant, on augmente la surface de résistance à l'avancement et on diminue par conséquent la vitesse.

Le colonel Renard a déterminé que l'allongement (proportion entre la longueur et le diamètre principal) de 6 était celui qui répondait le mieux aux diverses conditions. Nous verrons que c'est également celui adopté par M. Julliot.

D'autre part, il est de toute évidence que la permanence de la forme est une condition indispensable de la stabilité: toute poche créée par le vent (comme cela se produit dans les ballons sphériques) aurait, avec un ballon allongé, l'inconvénient capital de détruire l'équilibre d'ensemble, et de provoquer, par sa variabilité très

Digitized by Google

grande, des modifications brusques de stabilité, ceci sans parler de la possibilité qu'aurait l'enveloppe de se replier ou s'écraser en accordéon, ce qui amènerait vite des déchirures fatales.

Pour assurer cette permanence de la forme, on n'a guère imaginé jusqu'ici que trois moyens : celui des carcasses rigides, solution allemande sur laquelle nous reviendrons plus tard, et qui peut être maintenant considérée comme mauvaise ; celui du ventre élastique italien, qui possède d'irrémédiables inconvénients [1], enfin, celui du ballonnet intérieur, dans lequel on envoie la quantité d'air nécessaire pour maintenir constante la pression du gaz, déterminant ainsi un effort constant sur l'enveloppe qui doit rester suffisamment tendue, pour ne pas céder devant les poussées diverses.

Mais ce ballonnet, aujourd'hui presque universellement reconnu indispensable, aurait un défaut qui annihilerait une grande partie de ses avantages, notamment au point de vue de la stabilité, si on n'y portait remède : il contient plus ou moins d'air, et cet air étant beaucoup plus lourd que le gaz hydrogène qui l'entoure, a une forte tendance à se précipiter toujours vers la partie la plus basse qu'il puisse atteindre. Si ce ballonnet était gonflé à refus, et qu'il fût complètement fixé, il est évident qu'il n'y aurait aucun déplacement de cet air, mais il ne peut en être ainsi : pour des motifs de construction et de légèreté d'enveloppe, on lui donne généralement à peu près la forme d'une demi-ellipse coupée suivant un plan passant par le grand axe. Ensuite, pour permettre le jeu même de ce ballonnet, il ne doit pas être rempli, puisqu'il doit, de par sa fonction même, contenir plus ou moins d'air suivant que le gaz sera plus ou moins dilaté ou plus ou moins consommé.

Dans ces conditions, que va-t-il se passer, lorsque,

1. Voir p. 200.

Digitized by Google

pour une cause quelconque, le ballon allongé va prendre momentanément une légère inclinaison, par exemple, pointe relevée ? L'air qui se trouve dans le ballonnet va rouler vers l'arrière, ajoutant ainsi une nouvelle cause à celle qui a déséquilibré l'aéronat.

Pour éviter, ou du moins diminuer dans une grande proportion ce phénomène, le colonel Renard a eu l'idée de cloisonner le ballonnet de la *France*. Il l'a compartimenté en trois dans le sens de la longueur, perçant chacune des deux cloisons de tout petits trous qui ne permettent à l'air de passer de l'une dans l'autre que très lentement. Lorsqu'on envoie de l'air dans le compartiment central, il se répand peu à peu dans les compartiments voisins. Lorsqu'une inclinaison se produit, l'air n'a pas le temps de passer dans le compartiment qui se trouve momentanément plus bas, avant que cette inclinaison, qui se change presque inévitablement en balancement, ait disparu ou ait changé de sens par le fait de ce balancement.

La rigidité de la suspension est également indispensable. Il est bien clair qu'avec un système de suspension plus ou moins souple, comme l'est, par exemple, celui des ballons sphériques, l'irrégularité inévitable des efforts du moteur, d'une part, de la résistance de l'air de l'autre, amènera des secousses dans le sens de la marche, qui produiront immédiatement des balancements. Nous avons vu que Dupuy de Lôme, le premier, a imaginé un mode de suspension parfaitement rigide qui répond très bien aux conditions voulues.

Enfin, toute précaution employée pour assurer la régularité de marche du moteur, la progression douce des mises en marche, arrêts, changements d'allure, en évitant toute modification brusque d'efforts, contribuera à diminuer une des causes principales du balancement. On ne peut éviter complètement ces variations, puisque, suivant les nécessités de la manœuvre, il faudra bien

Digitized by Google

partir, accélérer, ralentir, arrêter, sinon recourir à la marche arrière. Tout ce qu'on peut faire c'est de donner à ces diverses modifications une progression, un moelleux qui diminue dans la plus grande mesure possible l'inconvénient considéré (1).

Mais toutes ces précautions ne peuvent aboutir qu'à diminuer les causes de balancement ou à éviter d'en ajouter de nouvelles. Il en est d'absolument inévitables, comme celles qui proviennent de l'irrégularité de la résistance de l'air, par suite des nombreux remous de tout air qui se déplace, surtout dans le voisinage du sol. De même que l'irrégularité du fond caillouteux du lit d'un torrent fait bouillonner celui-ci d'une façon bruyante et pittoresque, de même les nombreuses aspérités de la surface du sol troublent le vent, c'est-à-dire l'air qui passe, et y créent une infinité de remous qui se font parfois sentir jusqu'à de grandes hauteurs. Ce sont autant de causes de variations dans l'intensité de la résistance que l'air oppose au mouvement du dirigeable, causes essentiellement inévitables, auxquelles s'ajoutent celles que, comme nous venons de le voir, nous ne pouvons que diminuer.

A ce mal il faut donc trouver remède.

Jusqu'ici on n'en a trouvé que deux.

Le premier ressort de lui-même de l'organisation même des ballons. Tout ballon comporte en effet un système de deux forces opposées : la masse de gaz léger qui, conformément au principe d'Archimède, tend à monter, le reste du ballon et de ses accessoires, dont le principal est la nacelle, qui forme un ensemble plus lourd que l'air, tendant à descendre. Ce sont deux forces,

1. Tout le monde a observé le tangage momentané que donne aux navires la mise en action de l'hélice, mais, dans ce cas particulier, le phénomène ne se prolonge pas, parce que la densité très grande de l'eau, dans laquelle le navire est en partie plongé, suffit à ramener assez rapidement le bâtiment à son équilibre normal.

Digitized by Google

verticales toutes deux, A et G, mais de sens opposé, qui doivent s'équilibrer parfaitement quand le ballon ne monte ni ne descend pas.

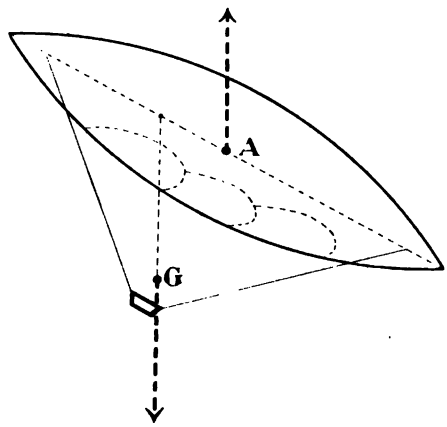


Fig. 26. — Le couple de rappel des dirigeables.

Mais lorsque le ballon allongé s'incline, on voit facilement que ces deux forces forment ce qu'on appelle en mécanique un couple de rappel, qui tend à remettre l'appareil dans sa position normale.

Ce couple de rappel est d'autant plus puissant que les points d'application de ces deux forces (centre de force ascensionnelle A et centre de gravité G) sont plus éloignés.

Si les deux points se confondaient, ce qui se produirait dans le cas où la nacelle pourrait être placée dans le ballon ou à sa hauteur, on aurait un système éminemment instable, qui se cabrerait et se renverserait avec la plus grande facilité.

Par contre, en abaissant la nacelle, on augmente la valeur de ce couple de rappel et, par suite, la stabilité. C'est ce qu'on a cherché à faire dans ce but avec certains aéronats comme le *Dupuy-de-Lôme*.

Avec certains autres comme le *Zeppelin,* au lieu

Digitized by Google

d'abaisser la nacelle outre mesure, ce qui entraîne de sérieuses difficultés de construction, suspension, transmission de force motrice, etc., on a eu idée d'abaisser le centre de gravité au moyen d'un lourd contrepoids placé au-dessous de la nacelle au sommet inférieur d'une corde en forme de triangle. Ce procédé aurait semblé donner d'assez bons résultats, mais il a le gros inconvénient de charger l'aéronat d'un poids mort assez considérable et, par suite, de diminuer d'autant la quantité de lest disponible, c'est-à-dire le rayon d'action.

Dans le même ordre d'idées, certains inventeurs, comme Santos-Dumont, ont essayé, non plus d'abaisser mais de déplacer latéralement ce centre de gravité; ils ont pour cela organisé un poids mobile, d'avant en arrière, que l'on peut, lorsque, par exemple, l'aéronat se relève de l'avant, pousser pour surcharger cette partie et arrêter ce mouvement de relèvement. Mais ce n'est pas un procédé très pratique, car, outre l'inconvénient de la surcharge que nous venons de signaler, ce système a l'énorme défaut de n'être pas automatique, d'exiger une manœuvre spéciale très délicate, et, par conséquent, d'avoir un fonctionnement à la merci d'un faux mouvement de l'aéronaute, qui a bien autre chose à faire et à surveiller.

Pour des vitesses faibles, comme celles obtenues avant l'invention des moteurs à explosion, l'abaissement, dans une mesure acceptable, du centre de gravité, a pu être suffisant, et assurer une stabilité parfaite quand le ballon n'était pas trop allongé. La *France,* à ce point de vue, s'est fort bien comportée. Mais quand la vitesse augmente, il arrive un moment où cet effet devient insuffisant et le ballon devient instable; c'est ce que le colonel Renard a défini sous le nom de « vitesse critique » des ballons dirigeables. C'est la vitesse à partir de laquelle l'aéronat perd sa stabilité longitudinale, s'il ne possède pas d'autres moyens de stabilisation que les moyens sta-

Digitized by Google

tiques, c'est-à-dire l'abaissement du centre de gravité et la valeur de la force verticale qui y est appliquée.

Il s'agissait donc de trouver autre chose.

Dès 1884, le colonel Renard songea à l'application au ballon de plans d'empennage rappelant plus ou moins les surfaces qui, dans l'oiseau, le poisson, etc., semblent faciliter le glissement dans l'air et s'opposent à toute déviation hors de la ligne de marche. La puissance très grande de l'action d'un plan mobile comme le gouvernail, relativement petit, sur les plus grands navires, devait, tout naturellement, faire songer à l'application de ces plans. En outre, on sait que ce sont eux qui assurent la conservation des flèches sur leur trajectoire.

Plus tard, comme nous le verrons en détail dans les chapitres suivants, M. Julliot devait obtenir, malgré les vitesses considérables de 11 et 13 m., une stabilité parfaite, avec ses dirigeables *Lebaudy* et *Patrie,* grâce à l'emploi d'un vaste système de plans d'empennage.

On a, devant le succès complet de ces dirigeables, discuté la question de savoir à qui appartenait l'honneur de l'invention de cet ingénieux procédé de plans stabilisateurs.

Certains ont déclaré qu'il revenait à M. Julliot seul, et que le colonel Renard n'avait songé à les étudier qu'après les avoir vus; d'autres ont dit que l'éminent ingénieur s'était inspiré des travaux du colonel Renard. Il paraît utile, sur un point d'histoire de l'aéronautique aussi important, de chercher où est l'exacte vérité.

L'idée d'appliquer des surfaces planes à des ballons dirigeables n'est pas nouvelle. Nous l'avons déjà signalée à plusieurs reprises au cours de notre revue rapide des premières tentatives; mais il ne semble pas que, dans l'esprit de leurs inventeurs, ces plans aient eu pour but précis de remédier à un phénomène qui ne s'était pas encore manifesté.

Le premier à qui revient l'honneur d'avoir étudié cette

Digitized by Google

question d'une façon sérieuse et dans le but bien déterminé d'arrêter les mouvements transversaux par la résistance de surfaces planes, est le colonel Renard.

Pendant longtemps déjà cet officier s'était préoccupé de cette question, mais, travaillant comme officier, en vue de l'établissement ou du perfectionnement d'un engin exclusivement militaire, il conservait secrets ses idées et le résultat de ses calculs. Toutefois, la *France,* bien que ne devant pas atteindre la vitesse critique au delà de laquelle l'empennage devait devenir indispensable, fut, en 1884, munie, à l'arrière de la nacelle, d'un petit plan horizontal qui, en 1885, fut augmenté et qui contribua certainement à la stabilité très grande qu'a toujours conservée cet aéronat.

En 1901, le colonel estima pouvoir introduire dans le cours qu'il professait à Chalais aux officiers aérostiers, une partie de sa théorie de l'empennage. Enfin, le 6 juin 1904, il fit à l'Académie des sciences une communication sur la vitesse critique des ballons dirigeables, bientôt suivie d'une seconde sur l'empennage de leurs carènes, et d'une troisième sur la stabilité longitudinale de ces véhicules aériens.

A cette époque, le *Lebaudy* avait déjà fait de nombreuses ascensions, puisque la première date de novembre 1902. C'est ce qui a permis de croire que le colonel n'avait fait que chercher à mettre en formule un procédé imaginé et appliqué par un autre. Cela est inexact, comme nous venons de le voir, puisque ses travaux et même certaines de leurs applications ont précédé l'apparition du *Lebaudy*.

On peut donc affirmer que la théorie du colonel Renard lui est bien personnelle et qu'il en conserve tout le mérite.

Il faut reconnaître d'ailleurs que cette théorie, telle qu'elle a été exposée à l'Académie, est contestable.

Elle a été réfutée dans une étude spéciale par l'ingé-

Digitized by Google

nieur italien Crocco, et nous verrons tout à l'heure que l'expérience semble avoir prouvé, avec le *Lebaudy*, qu'elle n'était pas tout à fait exacte, sinon dans le fond, du moins dans les chiffres.

C'est vers la même époque, à partir de 1896, que M. Julliot conçut et établit peu à peu les plans de son dirigeable. M. Julliot, absorbé par d'autres préoccupations, n'avait, chose curieuse, fait aucune étude à fond des travaux aéronautiques antérieurs et, en particulier, il affirme n'avoir jamais lu les travaux du colonel Renard qui, d'ailleurs, nous l'avons dit, sont restés secrets jusqu'en 1901, époque où les idées et les plans de M. Julliot étaient arrêtés depuis longtemps.

Il avait songé de lui-même aux surfaces planes pour combattre le roulis et le tangage, étudié de très près la question à sa façon, puis procédé à certaines expériences spéciales et établi une théorie dont les conclusions s'écartent notablement de celles du colonel Renard. En effet, d'après ces dernières, il faudrait, pour assurer la stabilité d'un dirigeable de 11 m. de vitesse à la seconde, une surface de plans au moins double de celle employée par M. Julliot, laquelle, l'événement l'a montré, est parfaitement suffisante, du moins avec cette vitesse; en outre M. Julliot a appliqué son système de plans horizontaux et verticaux, fixes ou mobiles, d'une façon raisonnée qui est sensiblement différente de celle conçue par le colonel.

On peut donc conclure que les travaux de l'un et de l'autre ont été absolument indépendants, et n'ont d'autre lien que l'orientation simultanée de deux savants au sens éminemment logique, devant une nécessité reconnue par tous deux, vers une même solution; semblable rencontre s'est produite déjà plusieurs fois dans le cours de l'histoire des sciences.

En sorte que le mérite de chacun d'eux subsiste absolument entier : au colonel Renard reste la gloire d'avoir le

Digitized by Google

premier songé aux plans d'empennage et étudié la question ; à M. Julliot celle d'avoir imaginé de son côté le même moyen d'une façon un peu différente et surtout celle de l'avoir appliqué le premier, et avec le plus complet succès.

Le principe de l'empennage, affirme le colonel Renard, a un énorme avantage, c'est que, contrairement aux autres moyens de stabilisation, il produit un effet stabilisateur qui, comme les effets perturbateurs, est proportionnel au carré de la vitesse, de sorte que, lorsqu'il est suffisant pour les allures qui ne dépassent que de peu la vitesse critique, il reste suffisant pour toutes les autres, même les plus grandes.

Après avoir jeté un coup d'œil sur les principales difficultés qu'ont à vaincre les ballons dirigeables pour fendre les airs avec rapidité et avec sûreté, examinons de près le seul type d'aéronat du monde entier qui, jusqu'ici, ait résolu le problème d'une façon satisfaisante.

Digitized by Google

CHAPITRE III

LE DIRIGEABLE « LEBAUDY » — SON HISTOIRE (1)

En parcourant les étapes principales par lesquelles, peu à peu, depuis la naissance de l'aérostation, on s'est rapproché de la solution du problème de la direction des ballons, nous avons cherché à faire ressortir les plus importantes des difficultés qui hérissaient la route des champions de l'idée aérienne.

Si nous ne nous arrêtons que sur celles qui ont un caractère véritablement vital nous en trouvons trois :

La première, celle de l'équilibre vertical, a été résolue par les Montgolfier et par Meusnier.

La seconde, celle de la propulsion, a cédé peu à peu devant les progrès de l'industrie dans la nature et le rendement des moteurs et disparu à peu près complètement à l'apparition du moteur à pétrole dû à l'automobilisme et qui est loin d'avoir dit son dernier mot.

Mais une troisième, insoupçonnée tant que la marche des aéronats a été limitée à de faibles déplacements, a surgi dès qu'on a pu atteindre une certaine vitesse, celle de la stabilité longitudinale.

Nous avons montré son terrible danger, il nous reste à voir comment on est parvenu à la maîtriser.

Pendant que le vaillant sportsman M. Santos-Dumont multipliait avec ses nombreux modèles d'aéronats ses prouesses périlleuses, au milieu des applaudissements

1. Pour la rédaction d'une partie de ce chapitre et du suivant, nous avons, avec l'autorisation de MM. Lebaudy et Julliot, suivi de près et souvent reproduit textuellement les notices historiques du dirigeable et une conférence de M. Julliot lui-même.

Digitized by Google

des Parisiens ou des promeneurs de la Côte d'Azur, un modeste et savant ingénieur, M. Henri Julliot, directeur de la raffinerie de MM. Lebaudy, poursuivait dans le silence et le recueillement l'étude méthodique et approfondie de tous les éléments de la question du ballon dirigeable.

Fig. 27.

M. Julliot, créateur du *Lebaudy* et de la *Patrie*.

M. Julliot, major de promotion de l'École centrale, doué d'un esprit éminemment logique, à déduction sûre, appuyé d'une base scientifique très étendue, avait toujours su résoudre d'une façon aussi simple que pratique toutes les difficultés qui s'étaient présentées à lui. Ce

Digitized by Google

sont ces précieuses qualités qui lui avaient valu la confiance des propriétaires de l'importante raffinerie.

En avril 1896, convalescent d'une fluxion de poitrine, à Fontainebleau, il se promenait fréquemment dans la forêt, désœuvré; un jour ses pensées se reportèrent vers les expériences de Tissandier et de Renard, qui dataient à peine d'une douzaine d'années, quand vint à passer dans un tourbillon de poussière une automobile bruyante et rapide, en même temps que dans les airs un épervier, les ailes étendues et en apparence immobiles, planait en progressant avec sûreté et régularité.

M. Julliot devint songeur; son cerveau allait être désormais hanté de l'image du dirigeable. Sans être, autrement que d'une façon générale, comme tout homme de sciences, au courant des questions d'aéronautique (il n'avait même jamais fait la moindre ascension !), il savait néanmoins que les principales difficultés, qui avaient empêché Renard et ses prédécesseurs ou concurrents de réussir, étaient celle du moteur et celle de la stabilité; les moteurs étaient trop lourds, et on n'avait encore trouvé aucun moyen efficace d'empêcher le tangage. Mais le moteur à pétrole venait de surgir, décuplant d'un seul coup le rendement des sources mécaniques de force.

Quant à la stabilité, ces oiseaux lancés à de grandes vitesses n'assurent-ils pas la rectitude de leur mouvement au moyen des sortes de plans que constituent leurs ailes et leur queue, lesquelles glissent en quelque sorte entre deux airs? La flèche lancée dans l'espace ne se maintient-elle pas sur sa trajectoire grâce aux pennes fixées sur sa partie arrière, qui opposent à tout mouvement de déviation l'obstacle de leurs surfaces?

Petit à petit les idées se précisèrent; pendant ses promenades l'ingénieur réfléchissait, calculait, s'arrêtant parfois pour dessiner sur le sol, du bout de sa canne, des hélices, des plans d'empennage, des systèmes de forces, projets plus ou moins fantaisistes mais répondant tou-

Digitized by Google

jours à quelque idée scientifique. Rentré chez lui il voulait préciser ses calculs, mais il manquait de tout; il ne possédait même pas un compas! Incomplètement remis encore de sa maladie, il n'osait avouer devant Mme Julliot ses préoccupations trop absorbantes. En cachette, comme un collégien en faute, il se fit donc apporter par une de ses filles quelques morceaux de bois, du papier, des pièces de monnaie de différentes grandeurs; ce fut avec ces grossiers instruments qu'il conçut son premier plan de dirigeable.

Il n'y avait encore là que l'amusement d'un esprit porté vers toutes les questions scientifiques intéressantes, sans autre prétention.

Mais le sort en était jeté! Une fois relancé dans le courant de son existence active, M. Julliot allait profiter de toutes les occasions pour s'éclairer sur les questions d'aéronautique qui lui échappaient, pour étudier les moteurs nouveaux; bref, il finit par établir, à la fin de l'année 1896, un projet d'aéronat dont tous les éléments étaient étudiés et calculés avec la plus minutieuse précision.

Quelques mois après, trouvant son premier projet trop vaste et trop compliqué, il en dressait un second, plus simple et plus pratique.

Deux importants progrès industriels avaient permis à ses calculs de donner des résultats satisfaisants.

La métallurgie avait récemment créé un alliage, l'acier au nickel, très résistant sans être trop fragile et susceptible de se prêter au travail sous des formes variées et en particulier sous celle de tubes étirés permettant une grande marge d'efforts avec de faibles poids. On pouvait donc fabriquer des poutres, une carcasse, une nacelle à la fois solides, légères et sûres, et abandonner la construction habituelle en bois, bambou ou osier, qui sont plutôt de l'ordre des jouets que de celui des instruments sérieux, car le manque d'homogénéité des matières d'origine végétale ne permet pas de serrer de près

Digitized by Google

les résultats des calculs, ni de leur donner la précision de forme, de force de résistance, la constance, qui sont indispensables en l'espèce.

D'autre part, l'industrie automobile venait de fournir, comme nous l'avons déjà dit, à la suite de la limitation à 1 000 kg du poids des voitures de course, un transformateur d'énergie à la fois léger et pratique, le moteur à explosion. Les constructeurs, poussés par la concurrence à créer des moteurs de plus en plus puissants pour le même poids, étaient arrivés, en 1900, à en établir qui ne pesaient pas plus de 7 kg par cheval-vapeur, tout en étant d'un fonctionnement parfaitement sûr[1], ne consommant que 350 gr. d'essence par cheval et par heure, et avec lesquels on pouvait n'employer, comme agent de refroidissement, qu'un tiers de litre d'eau sans renouvellement.

Bref, le projet de M. Julliot était calculé et étudié théoriquement dans ses plus petit détails, mais il restait à construire et à expérimenter.

M. Julliot eut la chance de voir MM. Lebaudy s'intéresser vivement à ses projets et à ses plans ; très au courant eux-mêmes de toutes les questions scientifiques et industrielles, les riches raffineurs comprirent vite que ces plans étaient réalisables, et ils voulurent prendre à leur charge tous les frais de l'installation, des essais et de l'établissement du futur aéronat.

C'était à la fin de 1899. Les trois années suivantes allaient être consacrées à faire avec calme et méthode des essais de moteurs, d'hélices, etc., à construire et à essayer les parties mécaniques et métalliques du dirigeable dans les ateliers de la raffinerie, rue de Flandre, et à élever à Moisson, au bord de la Seine, le grand hangar qui devait abriter le véhicule aérien.

1. On arrivait même à des rendements bien plus brillants encore, mais il faut remarquer que pour un véhicule aérien la sécurité, le parfait fonctionnement importe beaucoup plus que pour les voitures qui roulent à terre.

Digitized by Google

On s'adressa pour établir l'enveloppe du ballon à un spécialiste, M. Surcouf, ingénieur-aéronaute, qui devait mener les premières ascensions.

M. Julliot eut la bonne fortune de pouvoir réunir, pour l'aider à achever, essayer, réparer et conduire le dirigeable, un équipage de spécialistes expérimentés et capables, dont les deux principaux sont M. Juchmès et M. Rey.

Fig. 28. — La première ascension du *Lebaudy* (13 novembre 1902).

M. Juchmès, aéronaute, lauréat des concours d'aérostation de l'Exposition de 1900, est à la fois constructeur et conducteur de ballons; M. Rey, mécanicien très expert, est à la fois ajusteur et chauffeur. C'est en partie grâce à l'expérience, au sang-froid, à la compétence de ces deux aides précieux, que le *Lebaudy* put parcourir sa longue série d'ascensions, accomplir tous les tours de

Digitized by Google

force qui l'ont immortalisé, et cela sans aucun accident de personne.

Au mois d'octobre 1902 tout était terminé; mais avant de s'aventurer dans l'espace, on procéda pendant un mois à une série d'essais méthodiques à la corde molle, grande corde de 500 m. attachée à des massifs de maçonnerie dispersés dans la plaine.

Dès le premier jour on avait constaté avec joie que l'immense aéronat se comportait merveilleusement : l'équilibre était parfait, la stabilité de marche semblait excellente, tous les organes remplissaient docilement leur rôle, l'instrument était réellement dans la main de son pilote.

Aussi le 13 novembre se décida-t-on à dénouer la corde et à donner la liberté au *Lebaudy*, qui, s'élançant dans les airs, se mit à évoluer avec l'aisance la plus parfaite dans tous les sens et de toutes les façons; plusieurs fois dans la même journée, sur un signal, il revenait atterrir doucement devant son hangar, sans la moindre difficulté.

Tout avait été si bien prévu, les calculs avaient été si exacts sur tous les points, les expériences de détail si bien conduites, que, après les premiers essais en liberté, M. Julliot ne vit à modifier que des points d'ordre secondaire; il perfectionna, mais n'eut rien à changer à l'organisation générale qui, en 1906, va rester la même qu'en 1902.

Les principales transformations, d'ailleurs prévues, consistèrent dans le placement d'un gouvernail et celui de la penne de flèche. M. Julliot s'était rendu compte que le jeu indépendant des deux hélices placées de part et d'autre de la nacelle n'assurait pas des virages suffisamment rapides, et qu'il était préférable d'ajouter à ceux que le ballon possédait déjà, un nouveau plan stabilisateur.

Ces premières expériences particulièrement réussies

Digitized by Google

attirèrent l'attention du ministre de la guerre, qui envoya le capitaine du génie Gaucher visiter l'aéronat en son nom et, sans plus attendre, mit à la disposition de MM. Lebaudy des voitures-tubes de gaz comprimé du service de l'aérostation militaire afin de faciliter les renflouements quotidiens du ballon. Le colonel et le commandant Renard, directeur et sous-directeur des ateliers aérostatiques militaires de Chalais-Meudon, inventeurs du dirigeable la *France,* s'empressèrent de venir étudier ce concurrent, qui éclipsait leur œuvre, et auquel ils payèrent loyalement leur tribut d'admiration.

Mais la saison était trop avancée pour permettre la continuation des expériences; il fallut procéder au dégonflement et remettre au printemps 1903 la suite du programme que l'on s'était tracé.

On allait consacrer l'hiver à une foule de petites améliorations de détail, reconnues utiles à la suite des premières sorties.

La deuxième campagne d'essais du *Lebaudy* s'ouvre le 1er avril; elle allait durer soixante-dix jours, comprenant neuf ascensions ayant toutes un but d'expérience bien déterminé, suivant un programme nettement établi à l'avance.

La première eut lieu malgré la pluie. Elle permettait de constater que la pluie n'est d'aucune gêne pour les aéronautes ni pour le mécanisme, qui sont abrités; elle alourdit seulement le ballon et contracte le gaz par refroidissement. On a facilement obvié à la chute de pression qui aurait rendu le ballon flasque, par le jeu du ventilateur, et à l'alourdissement en jetant une centaine de kilogrammes de lest.

Le 15 mai il se produisit une déchirure sans gravité de la coquille du ventilateur, qui obligea les aéronautes à descendre dans la plaine de Sandrancourt, près de Rosny-sur-Seine. Cette légère avarie eut le gros avan-

Digitized by Google

tage de permettre de vérifier la solidité de construction de l'appareil, qui put être amarré longtemps au sol puis

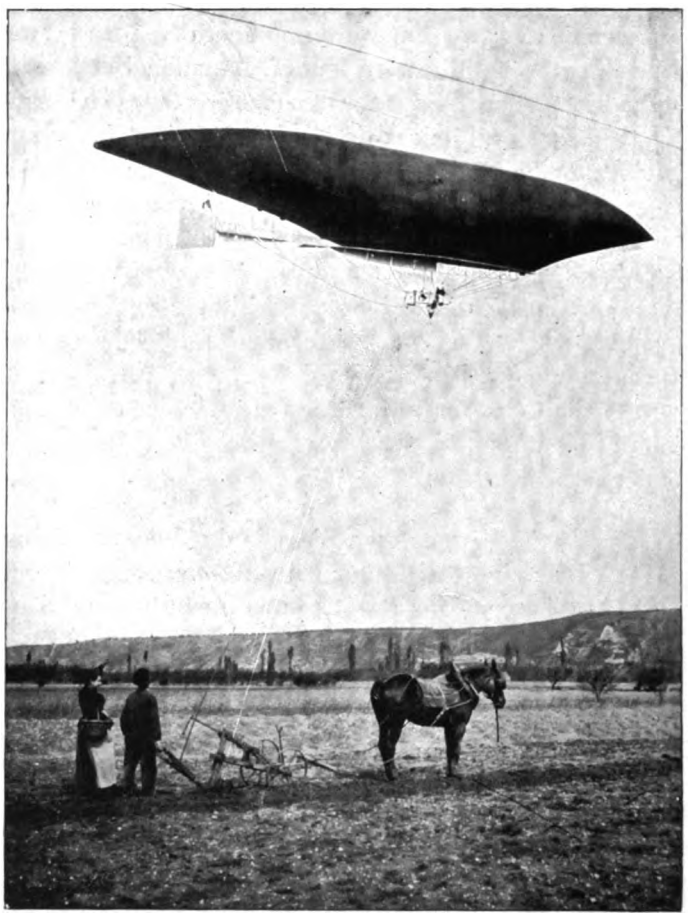


Fig. 29. — Le *Lebaudy* 1902 pendant sa campagne de 1903.

à une péniche, traverser ainsi la Seine, sans souffrir du vent, pourtant violent.

Digitized by Google

Le 8 mai M. Juchmès fit, encore sous la pluie, le premier véritable voyage qu'ait exécuté un dirigeable, en allant rendre visite à la ville de Mantes, puis au château de Rosny, propriété de MM. Lebaudy, et en rentrant sans encombre après un parcours de 37 km. et une durée d'ascension d'une heure trente-six minutes, résultat qui n'avait jamais été obtenu encore par aucun instrument aérien.

Après une dernière ascension où on essaya ce que le ballon deviendrait s'il était désemparé d'une hélice, on le dégonfla pour remettre du gaz neuf.

Il était maintenant nettement démontré que le problème de la navigation aérienne était résolu.

La troisième campagne d'essais eut lieu fin juin et en juillet-août 1903. Elle dura également soixante-dix jours et fut surtout une campagne d'étude des moyens que le dirigeable présentait; elle conduisit notamment à l'augmentation de puissance du ventilateur.

Elle comprit quatorze ascensions dont nous signalerons seulement les plus remarquables, par exemple celle du 5 juillet, jour fixé d'avance pour la réception de la commission scientifique de l'Aéro-Club, comprenant les sommités aéronautiques et scientifiques, comme MM. de Fonvielle, Besançon, de La Vaulx, Eiffel, Lévy de l'Institut, Balsan, etc.

Cette campagne fut surtout marquée par l'ascension du 24 juin, où le *Lebaudy* dépassa de beaucoup les plus beaux résultats qu'il ait encore obtenus. Le dirigeable effectua en effet un parcours de 98 km., de $5^h 10$ à $7^h 56$, c'est-à-dire en deux heures quarante-six minutes, par conséquent à une vitesse moyenne de 35 km. et demi à l'heure !

Après de semblables essais, le *Lebaudy* était vraiment susceptible de faire de grands voyages. Mais l'enveloppe, restée cent

Digitized by Google

quatre-vingt-seize jours sous pression, commençait à être un peu fatiguée et demandait quelques réparations; on dégonfla le 20 août.

L'examen de l'enveloppe montra que le tissu interne était rongé par de l'acide sulfurique et de l'hydrogène sulfuré, probablement entraînés petit à petit par le gaz. On lava d'abord l'enveloppe à l'ammoniaque et on en remplaça les parties les plus défectueuses par des tissus d'origine et de qualités diverses qu'on voulait essayer, et on fretta le reste de galons blancs qui donnèrent un nouvel aspect au ballon de Moisson; cette transformation et la confection des ballons gazomètre et captif occupèrent, pendant de longues journées, trente-cinq à quarante ouvrières et ouvriers de Moisson et des environs; ce joli village devint ainsi une petite cité industrielle fournissant un personnel qui ne le cédait en rien, pour l'intelligence et l'adresse, à celui qui avait été employé à Paris.

En même temps l'appareil à gaz était modifié de manière à produire désormais un hydrogène pur, léger, ne présentant plus de traces d'acide.

Le 2 novembre commençait la quatrième campagne qui devait durer vingt jours, couronnant les efforts de MM. Lebaudy et Julliot.

Le 8, on fit, à jour fixé d'avance, une fort brillante ascension de démonstration devant le corps des aérostiers du 1er régiment du génie, spécialement compétents pour juger de la valeur et de l'intérêt militaire du nouvel engin.

Parmi eux se trouvaient le colonel Lhéritier, commandant le 1er génie, le commandant Hirschaüer, chef du bataillon des aérostiers, le commandant Bouttieaux, chef de l'établissement de matériel aérostatique de Chalais, le capitaine Voyer, qui venait de faire avec le comte de La Vaulx la traversée de Paris en Angleterre, le capitaine Lindecker, qui, seul au monde, a plané au-dessus de Pékin, lors de l'expédition de Chine de 1900, etc.

Le surlendemain on fit une courte ascension par un vent très violent et irrégulier, qui permit de constater que l'on pouvait se fier à l'enveloppe.

MM. Lebaudy et Julliot décidèrent alors de renoncer au retour au gîte ordinaire et d'exécuter un voyage avec escales. Les deux qui furent choisies, les seules possibles d'ailleurs, parce que seules elles

Digitized by Google

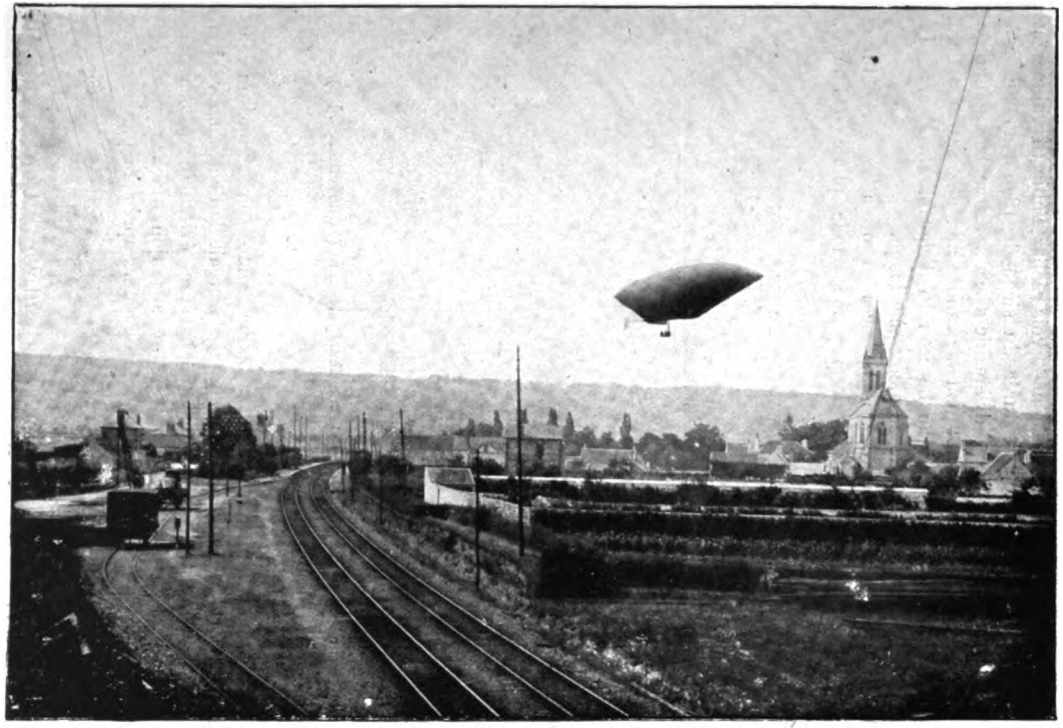


Fig. 30. — Voyage Moisson-Mantes-Rosny-Moisson (8 mai 1903).

Digitized by Google

présentaient un abri convenable, étaient le palais des machines, sur le Champ-de-Mars, en plein Paris, et le hangar de l'établissement militaire de Chalais-Meudon. Au Champ-de-Mars on donnerait aux Parisiens l'occasion de voir réalisé l'objectif vainement souhaité pendant toute la durée du siège de 1870 : applaudir à l'atterrissage d'un ballon dirigeable sérieux au centre même de Paris ! A Chalais on allait pouvoir rendre aux officiers aérostiers leur récente visite et faire au berceau du dirigeable (la *France*, du colonel Renard) une sorte de pieux pèlerinage.

Donc, le 12 novembre, un an après sa première sortie libre, le *Lebaudy*, toujours conduit par son habile pilote ordinaire,

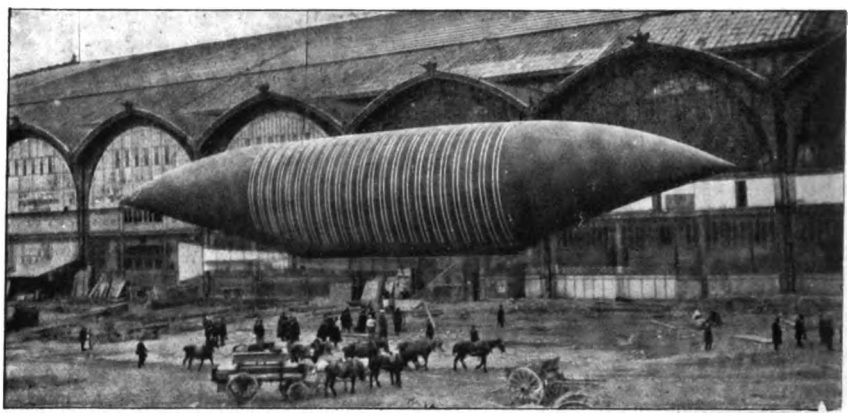


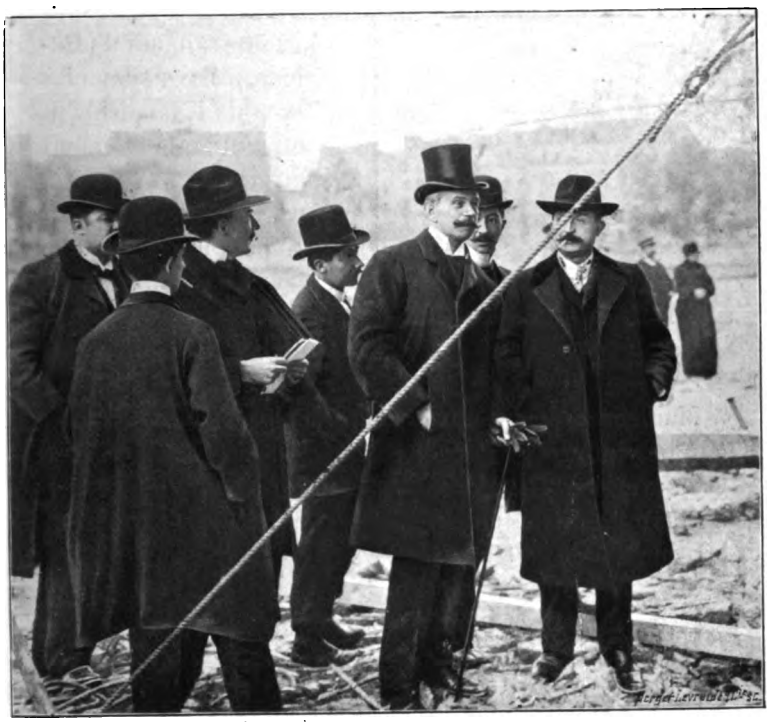
Fig. 31. — Le *Lebaudy* 1903 au Champ-de-Mars (12 novembre 1903).

M. Juchmès, quittait, à 9h 20, la plaine de Moisson. Malgré un vent assez fort de 6 m. à la seconde qui s'efforçait de l'entraîner vers le nord, il évoluait avec une sûreté parfaite, évitant de passer par-dessus les bois dont l'effet réfrigérant est toujours fâcheux pour les aéronats, puis il gagnait le Champ-de-Mars après un parcours de 62 km.

Le palais des machines était entr'ouvert en son milieu par la démolition de l'ex-palais de l'électricité ; sans rien demander à personne, MM. Lebaudy firent introduire leur volumineux automobile aérien dans ce superbe abri.

Digitized by Google

L'ouverture que l'on voulait utiliser étant coupée en son milieu par les poutres de la première galerie, on démonta la nacelle qui fut introduite par en dessous, tandis que le reste de l'aéronat passait par la partie supérieure.



1 2 *Ph. Duchenne.*

Fig. 32. — Les propriétaires du *Lebaudy* assistant à l'atterrissage au Champ-de-Mars.

1. M. Paul Lebaudy. 2. M. Pierre Lebaudy.

MM. Lebaudy allaient ensuite s'excuser auprès de l'administration qui d'ailleurs se montra fort arrangeante de la façon un peu cavalière dont ils s'étaient permis d'envahir ce local. Ils obtinrent même l'autorisation

Digitized by Google

de démolir à leurs frais et risques la partie de la première galerie qui les avait gênés pour entrer.

Le 19 novembre, le dirigeable, maintenu par des cuirassiers de l'école militaire, sortait du palais des machines et, devant plusieurs milliers de Parisiens, s'élevait dans les airs, puis il se dirigeait contre un vent nettement contraire et fort de 7 à 9 m. vers le Val Fleury de Meudon, où se cache le parc aérostatique militaire. Après une lutte superbe, il atterrissait sur la pelouse du parc.

Fig. 33. — Le *Lebaudy* sortant de la galerie des machines

Malheureusement un accident ou plutôt un incident de garage vint arrêter là ce voyage aérien. Les aides n'ayant pas saisi à temps les cordes de retenue, comme le moteur avait été arrêté au moment précis de l'atterrissage, le vent chassa le ballon vers un bouquet d'arbres placé au milieu de la pelouse et dont les branches déchirèrent l'enveloppe.

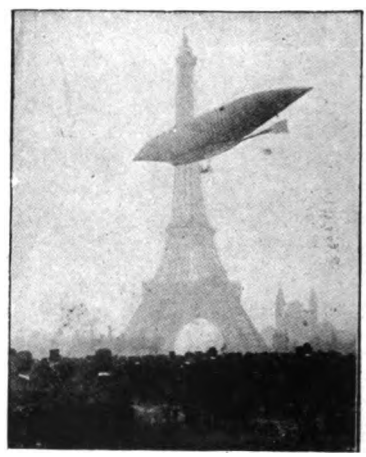


Fig. 34. — Le *Lebaudy* devant la Tour Eiffel

Les conséquences de l'incident étaient d'ailleurs limitées à l'avarie de l'enveloppe et à la perte de l'hydrogène, car la carcasse métallique avait

Digitized by Google

protégé les aéronautes et empêché le contact de l'enveloppe et du gaz avec le moteur encore chaud. La partie mécanique n'était pas du tout endommagée.

On aurait pu réparer sur place assez rapidement et repartir. Mais la saison était fort avancée, les grands froids s'annonçaient. MM. Lebaudy se décidèrent donc à clôturer là cette année si fructueuse en résultats.

Nous ne pouvons mieux résumer les brillants essais de l'année 1903 qu'en citant les paroles mêmes du colonel Renard:

« La performance accomplie par le dirigeable de MM. Lebaudy est remarquable et dépasse de beaucoup toutes les expériences similaires de ces temps derniers. Cet aéronat est construit d'une façon scientifique et les résultats obtenus sont concluants.

« Son voyage de Paris à Meudon avec fort vent debout est tout simplement merveilleux. Il faut remarquer la docilité du ballon et son équilibre parfait dans l'atmosphère. Il marque un très important progrès dans la navigation aérienne par le plus léger que l'air. »

L'hiver fut consacré, comme celui de l'année précédente, à l'examen et à l'étude bien détaillés des résultats obtenus, afin d'en tirer tout leur enseignement. Cet examen donna l'idée d'apporter différents perfectionnements et améliorations dans le but d'accroître les qualités de fond du navire aérien, c'est-à-dire d'étendre la durée du séjour dans l'atmosphère, la durée des voyages, le nombre des circonstances dans lesquelles ils sont possibles.

Le cube de l'enveloppe fut augmenté de 366 m., permettant d'enlever 400 kg de plus; pour que cette augmentation de cube ne produise pas une diminution de vitesse, elle a été obtenue sans changer le maître-couple, en donnant un cube plus grand à la partie arrière, rallongée très légèrement et surtout grossie en forme ellipsoïdale.

Le cube du ballonnet fut porté de 300 à 500 m.; la puissance du ventilateur triplée, le réservoir d'essence porté à 220 litres.

Digitized by Google

La matière de l'enveloppe a été améliorée par l'adjonction au tissu jaune de coton caoutchouté employé précédemment, d'une nouvelle couche de caoutchouc interne, qui en augmente l'imperméabilité, et, en préservant le coton de l'action destructive des impuretés du gaz, assure au ballon une grande longévité.

L'enveloppe neuve a été fabriquée entièrement dans les ateliers de MM. Lebaudy par les soins de M. Juchmès.

Le gaz a été purifié plus à fond que l'année précédente. Comme il était devenu inodore, ce qui rend difficile la recherche des fuites, il fut saturé d'une odeur à base de benzoate.

Les soupapes à gaz ont été remplacées par des soupapes à ressorts horizontaux; elles ont été isolées de la masse du ballon par un diaphragme de toile métallique et une manche à soufflet permettant de les réparer ou même de les remplacer sans vider le ballon et sans perdre le gonflement.

Les moyens d'atterrissage ont été perfectionnés par l'adjonction de deux guide-rope.

Pour les voyages de nuit le dirigeable a été muni d'un système d'éclairage très perfectionné.

Les plans fixes, horizontaux et verticaux ont été entoilés d'une façon continue au lieu des panneaux d'autrefois.

A la partie antérieure du plan horizontal elliptique a été installé un coupe-vent d'étoffe tendue, qui empêche l'air de s'insinuer entre ce plan et le ballon, et diminue la résistance à la propulsion.

La stabilité, qui eût pu être diminuée par suite de la modification d'équilibre due au grossissement de l'arrière, a été rendue plus parfaite encore qu'auparavant par l'addition d'un nouveau plan : la penne de flèche de 1902 a été complétée par une deuxième penne, dite papillon, à la fois légère et solide, qui a été attachée avec succès à l'arrière de l'enveloppe elle-même.

L'ancien gouvernail horizontal d'arrière est remplacé par deux autres plus petits en forme de V couché placés plus en arrière encore; ils forment, à l'état de repos, un coin stabilisateur par l'effacement automatique au moment du tangage de l'un des deux plans et la prépondérance de l'autre. De plus, ils peuvent être manœuvrés solidairement pour arrêter les mouvements de tangage prévus.

Des plans déroulables ont été placés à l'avant pour doubler l'effet du gouvernail horizontal.

En outre des améliorations apportées au dirigeable lui-même il en a été apporté aussi plusieurs à l'aérodrome : un petit ballon captif permet, par la position de son câble, de juger de la direction et de la vitesse du vent dans une zone de 500 m. de hauteur; son

Digitized by Google

câble aboutit au centre d'un cadran repéré et orienté, qui permet de faire l'épure de la direction à donner à l'axe du ballon pour atteindre le plus rapidement possible tel point désigné à l'avance [1].

En prévision des voyages de nuit le captif a été rendu lumineux et l'éclairage électrique du garage a été complété à l'intérieur et à l'extérieur.

Quatre ballons gazomètres ont été construits par M. Juchmès avec la vieille enveloppe 1902-1903. Trois d'entre eux, en forme de saucissons, sont transportables et permettent, concurremment avec les voitures-tubes d'hydrogène, de ravitailler le dirigeable jusqu'à une assez grande distance de son port d'attache. Au fond du garage, du côté opposé à la porte de sortie du ballon, une autre poche plus grande, presque moulée sur les objets qui l'entourent, sert de réserve pour les besoins journaliers.

La cinquième campagne, du 4 au 28 août 1904, n'a duré que vingt-quatre jours, mais elle a été exceptionnellement active car elle a compris douze ascensions, soit une moyenne de 50 °/₀. Ces ascensions ont été conduites toujours très méthodiquement, en vue d'essais techniques d'abord, puis ensuite d'applications pratiques.

Ce serait nous entraîner trop loin que de vouloir les suivre toutes. Il en est pourtant trois que nous ne pouvons passer sous silence car elles sont restées célèbres dans les annales de l'aéronautique.

Le 20 et le 22 août, MM. et Mmes Lebaudy ont, par leur voyage, montré que le dirigeable était un appareil de navigation aérienne de plaisance réellement pratique et agréable.

Dans une première sortie M. Paul Lebaudy prit place à bord du ballon, où n'étaient jusque-là montés que des techniciens ou des aides ; au bout de quelques minutes il exécutait lui-même les différentes manœuvres sous la surveillance de M. Juchmès ; quand il descendit de la nacelle,

1. Si le dirigeable doit se rendre de O en F′ et que le vent déplace pendant le temps du parcours dans la direction et de la distance FF′, il est évident, d'après ce que nous avons montré dans le chapitre précédent, que pour atteindre l'objectif F′, il faudra marcher dans la direction OF (voir fig. 24).

Digitized by Google

il s'écria, enthousiasmé de ce qu'il avait vu et fait : « On est cent fois mieux là-dedans que dans une automobile, et cela est cent fois moins dangereux ! »

Cette ascension fut aussitôt suivie d'une deuxième pour le récit de laquelle nous laisserons la parole à M. Besançon, secrétaire général de l'Aéro-Club.

« La journée du 20 août 1904 restera une date heureuse pour l'aéronautique. Pour la première fois, en effet, une femme a affronté en ballon automobile libre les hasards de l'atmosphère. C'est à Mme Paul Lebaudy que revient l'honneur d'avoir donné à l'automobilisme aérien cette consécration, la plus gracieuse, certes, et la plus enviée, celle qui constitue le signe et le gage de toute nouveauté : celle de la femme.

« Et ce sont les expérimentateurs de Moisson, déjà titulaires de tous les records du monde pour ballons automobiles, qui ont eu la profonde satisfaction d'ajouter cette performance, désormais imbattable, à la longue série de leurs succès.

« Après l'atterrissage, heureux comme à l'ordinaire, de l'ascension faite par M. Paul Lebaudy dans son dirigeable, les engins d'arrêt sont levés et arrimés de nouveau à la nacelle, une nouvelle ascension est décidée et, à 8h 25, Mme Paul Lebaudy monte à bord ; à 8h 30 le grand croiseur aérien s'élève, libre de toute entrave, par 90 m. d'altitude, prend son vol vers la forêt de Moisson ; il pointe sur La Roche-Guyon, et revient stopper à son point de départ, au-dessus des hommes de manœuvre, qui, au signal de Juchmès, l'amènent au sol et le réintègrent sous son abri.

« Durant toute l'ascension, Mme Paul Lebaudy, assise près de M. Juchmès, sert crânement d'aide au pilote.

« A sa descente une chaude ovation des assistants et des paysans accourus saluait la gracieuse jeune femme. A ces applaudissements il nous sera permis de joindre les nôtres et d'y associer tous ceux qui, depuis de longs

Digitized by Google

mois, nous donnent le spectacle réconfortant d'une entreprise scientifique poursuivie avec une méthode, un désintéressement et un courage récompensés par des triomphes éclatants : MM. Pierre et Paul Lebaudy, dont l'intelligente et généreuse initiative permit à l'ingénieur Julliot d'exécuter ses belles conceptions, et l'excellent aéronaute Georges Juchmès, qui a conquis, par son habileté et sa résolution, une place éminente parmi les grands pilotes aériens dont notre pays peut être fier. »

Le surlendemain M. et Mme Pierre Lebaudy allaient à leur tour goûter les charmes d'un voyage aérien en dirigeable.

Le même jour, immédiatement après cette ascension, M. Juchmès, voyant le ciel coupé de nuages courts et épais épars dans un ciel pur, voulut voir comment le ballon les supporterait et procéda à une nouvelle sortie.

Rien n'est plus coûteux pour un ballon que des fréquents changements de température. Le gaz, en se dilatant et en se contractant successivement, oblige à des délestages perpétuels et rend l'équilibre vertical extrêmement difficile. Seul, comme nous l'avons montré plus haut, l'emploi du ballonnet habilement manié peut obvier en partie à ces inconvénients. Or, dans cette ascension particulièrement difficile, M. Juchmès parvint à se maintenir pendant treize minutes entre 80 et 100 m. de hauteur au-dessus du sol, grâce au jeu du ballonnet, mais en dépensant 40 kg de lest.

Les jours suivants le vent par trop violent obligea à différer la suite des expériences.

Le 28, cependant, on se décida à affronter la tourmente. Cette lutte contre les rafales du nord-est fut remarquable. Malgré elle le ballon évolua avec lenteur mais sûreté, décrivant des 8 très précis avec le garage comme centre. Mais le vent augmentant sans cesse et atteignant la vitesse propre du ballon, on jugea bon d'atterrir. Voulant éviter que le ballon, au moment de l'arrêt du moteur,

Digitized by Google

pût être jeté sur le hangar, M. Juchmès préféra atterrir à une certaine distance, à la lisière d'un bois. Les hommes de manœuvre étant trop loin pour arriver en temps utile et saisir les cordes, Juchmès, Rey et Visard, qui étaient à bord, s'efforcèrent, sans autre secours que celui d'un paysan qui se trouvait là par hasard, d'amarrer le ballon aux arbres avec les deux guide-rope, lorsqu'une rafale subite sévit avec la dernière furie : l'un des arbres autour duquel on avait entouré la corde fut cassé, l'autre fut dépouillé jusqu'à son bouquet supérieur qui resta dans la corde ; un autre fut à moitié scié et brûlé par la deuxième corde, bref l'équipage, les mains arrachées, dut s'avouer vaincu et l'on vit le ballon, prenant la clef... des airs, s'offrir seul une nouvelle ascension, sans aéronautes !

Fuyant avec une vitesse extrême, comme un cheval échappé, il gagnait en quelques instants l'altitude de 500 m., puis 1 000, puis 1 500. MM. Lebaudy et Julliot, qui, de loin, avaient assisté à l'aventure, s'attendaient, la mort dans l'âme, à voir d'un instant à l'autre le ballon éclater et, anéanti, retomber en miettes, peut-être sur la tête de quelqu'un. La très rapide dilatation du gaz due à cette ascension subite n'allait-elle pas dépasser le rendement des soupapes et la limite de résistance de l'enveloppe?

Heureusement il n'en fut rien. Très sagement le ballon s'équilibra à 1 500 m., et continua son voyage vers le nord-ouest.

Mais une nouvelle crainte surgissait : en peu de temps il aurait gagné la mer, et l'influence de l'eau amenant un refroidissement qui condenserait l'hydrogène, amènerait sa descente ; il s'abîmerait en pleine mer, sans secours possible, à moins que cette condensation ne se produisît plus tôt pour d'autres causes, par exemple l'influence de quelque grande forêt.

C'est en effet ce qui se produisit. M. Pierre Lebaudy d'une part, M. Juchmès de l'autre s'étaient lancés en auto-

Digitized by Google

mobiles à la poursuite du fugitif. Après quatre heures de course, ils voyaient le ballon descendre à Serquigny, dans l'Eure, au milieu de la gare. Les employés du chemin de fer tentaient, mais en vain, de le retenir; ayant touché le sol, il rebondissait et finissait par s'arrêter, après 70 km. de course folle, dans les bois du comte de Beaumont, entre Bernay et Lisieux.

Le ballon n'était pas endommagé, l'enveloppe avait résisté à cette épreuve extraordinaire et même au frottement des branches, la nacelle et le moteur étaient indemnes, l'appareil photographique placé en avant de la nacelle était lui-même intact. Mais le ballon avait rencontré, avant de toucher terre, la cime d'un grand chêne dépassant le reste de la forêt. Par suite de sa force vive l'aéronat avait cassé cette cime sur 6 m. de hauteur, mais non sans dommages pour la grande carcasse qui l'avait évidemment frappé : la partie arrière avait ses tubes faussés et brisés, et le ballon s'était plié au-dessus des cassures en deux tronçons encore pleins de gaz, quoique sans se déchirer.

Cette aventure avait été féconde en enseignements. Elle montrait la résistance du matériel, des organes de suspension de la nacelle, et surtout de l'enveloppe du ballon, qui avait supporté sans éclater le maximum de pression correspondant au réglage des soupapes. Elle avait enfin montré que les soupapes automatiques fonctionnaient parfaitement et que l'on pouvait compter absolument sur elles.

Néanmoins il fallait ramener l'aéronat pour le réparer et pour cela le démonter. M. Juchmès dut grimper sur la plate-forme et, d'un geste héroïque, éventrer le ballon pour le vider. L'enveloppe pliée fut alors mise en bâche et les parties métalliques étaient placées sur une dizaine de charrettes qui prenaient la route de Moisson. Mais plusieurs pièces avaient une telle largeur qu'elles obstruaient complètement la route; des cyclistes, porteurs de fanions

Digitized by Google

rouges et blancs, durent précéder la pittoresque caravane afin de faire dégager la voie.

Pendant cette même campagne avait eu lieu un petit incident assez amusant.

Le 10 août on avait déjà commencé les manœuvres de sortie, lorsqu'un des hommes de l'équipe, perché, comme cela se fait toujours, dans la partie supérieure du hangar, pour surveiller les frottements du haut du ballon contre les fermes, aperçut un magnifique loir courant, effaré, en tous sens sur le papillon de queue du dirigeable.

Il avait dû, vraisemblablement, tomber là par suite de quelque maladresse en faisant une excursion dans les combles.

Pendant quelques instants M. Julliot et M. Juchmès furent un peu perplexes. Ce digne animal n'allait-il pas, pour chercher à se créer une issue, mordre à belles dents dans l'enveloppe et y créer une ouverture fâcheuse ? Mais comment l'expulser ? Pour atteindre au papillon, il eût fallu arrêter la manœuvre, dresser de grandes échelles, perdre beaucoup de temps.

Ils se dirent très sagement que l'enveloppe tendue et lisse n'offrirait aucune prise aux dents du rongeur et décidèrent... de continuer l'opération avec cet hôte indiscret.

Quelles furent les impressions du loir en se voyant véhiculer dans les airs, quelques centaines de mètres au-dessus du sol ? Il faudrait un La Fontaine ou un Florian pour nous les narrer.

Toujours est-il qu'au retour on constata que le loir était toujours à la même place, toujours aussi affolé.

Une fois l'aéronat remisé, tout le personnel se fit une joie de lui donner la chasse, imaginant des procédés de circonstance.

Enfin on fut assez heureux pour s'en emparer. Son crime fut, quelques instants après, puni de mort. Aujourd'hui la peau, qui ne manque pas d'élégance avec son petit plumet blanc, orne le salon de Mme Julliot.

Digitized by Google

Ce loir n'est d'ailleurs pas le seul animal qui ait excursionné à bord du *Lebaudy*. On a, à plusieurs reprises, emporté des pigeons voyageurs en cage. De grosses mouches, des papillons nombreux sont souvent venus se fixer sur l'enveloppe, attirés probablement par l'odeur de benjoin de la muronine.

Les oiseaux de la plaine de Moisson ont commencé par avoir très peur de ce concurrent de forme et de dimension insolites. Puis peu à peu ils s'y habituèrent et s'en approchèrent, peut-être par curiosité. Les hirondelles effleuraient fréquemment l'enveloppe à toute vitesse, cueillant au passage les mouches qui s'y étaient collées.

Un jour, des paysans inquiets annoncèrent, à un moment où le ballon voguait assez près de terre, qu'un gros oiseau s'était posé à la partie supérieure et avait l'air de chercher à percer l'enveloppe. On faillit suspendre l'ascension pour s'en assurer ; heureusement quelqu'un put constater que cet oiseau dangereux était tout simplement... la soupape supérieure.

Le 20 octobre, le *Lebaudy* était prêt à recommencer ses prouesses, en ouvrant la sixième campagne, la dernière des épreuves techniques. La caractéristique des dix-huit ascensions de cette campagne d'hiver est la très faible consommation de lest.

En employant un peu les plans déroulables, beaucoup le gouvernail à axe horizontal en V, en maniant avec une adresse sans cesse plus grande le puissant ventilateur, en se faisant, en un mot, de plus en plus la main, l'habile pilote qu'est M. Juchmès est arrivé à réduire la dépense de lest jusqu'à 30 kg par heure. Dans toute cette campagne la consommation a été assez faible pour permettre d'effectuer, si on l'avait voulu, des courses de cinq heures de durée et plus.

Le 24 octobre, le dirigeable exécuta une sortie nocturne de 1 à 2 heures du matin, par une nuit brumeuse ;

Digitized by Google

tout se passa à merveille ; les aéronautes purent sans difficulté se maintenir à une altitude constante. Le dirigeable, avec ses lumières voilées par la brume, avait l'aspect extrêmement pittoresque d'une brillante nébulosité aux contours imprécis.

Par deux fois l'aéronat se livra à des épreuves de vitesse. Le 3 novembre, il exécuta un parcours fermé de $21^{km},500$ par vent de $5^{m},50$, à l'allure moyenne de $33^{km},200$ à l'heure par rapport au sol.

Le 24, par un vent qui atteignit à certains moments 40 km. à l'heure, il marcha plus d'une heure à contre-vent et dépassa au retour, avec vent favorable, la vitesse de 70 km. par rapport au sol.

Le 18, le dirigeable avait ascensionné avec six personnes à bord, chiffre rarement atteint en ballon ordinaire et pour la première fois en ballon dirigeable.

Ce jour-là, malgré la tourmente, on avait voulu sortir pour étudier l'effet de la neige et de la gelée : la gelée n'eut pas d'autre inconvénient que l'obligation de partir avec une plus grande quantité de gaz ; la neige ne produisit qu'un alourdissement analogue à celui de la pluie, diminuant de 80 à 100 kg le disponible de lest.

Le roi de Portugal, grand amateur de sports, avait manifesté le désir de visiter le *Lebaudy* et de monter à son bord. Empêché au dernier moment par la maladie de la duchesse d'Aoste, il délégua pour le remplacer l'amiral Capello, qui se déclara émerveillé de son voyage aérien.

Enfin, le 22 décembre, le dirigeable faisait sa dernière sortie de l'année avec M. Besançon, secrétaire général de l'Aéro-Club de France.

C'était la soixante-troisième de sa déjà longue et glorieuse carrière !

Avec l'année 1904 la période des essais était terminée : le *Lebaudy* avait surabondamment prouvé sa valeur comme appareil de sport et de navigation aérienne.

Digitized by Google

Mais, en présence de l'excellence des résultats obtenus, MM. Lebaudy et Julliot songèrent à faire mieux et plus utile, à perfectionner l'outil suffisamment pour qu'il puisse rendre de réels et importants services aux armées.

C'est dans ce but qu'ils s'efforcèrent d'augmenter encore une deuxième fois les qualités de fond du dirigeable en même temps que sa vitesse.

L'enveloppe reçut de nouvelles portions de fuseau, qui augmentèrent ses dimensions transversales de 5 °/₀, son maître-couple de 11 °/₀, et portèrent son cube de 2 660 à 2 950 mètres. D'autre part, la puissance du moteur fut augmentée, pour certaines conditions de marche, de 25 °/₀, et, après un renforcement nécessaire de quelques parties, il resta une augmentation d'essence et de lest de 75 °/₀.

Ces modifications allaient permettre d'exécuter de grands voyages, d'élever les records de durée, d'altitude et de distance, d'emmener couramment six personnes, des projectiles, de lourds appareils téléphotographiques, etc., sans perdre la vitesse propre antérieure, qui allait même atteindre 40 km. à l'heure.

MM. Lebaudy proposèrent alors au ministre de la guerre de faire contrôler et diriger toutes les ascensions de 1905 par une commission d'officiers spécialistes. Le ministre accepta et composa la commission de contrôle de trois officiers aérostiers : le commandant du génie Bouttieaux, chef de l'établissement central du matériel de l'aérostation militaire de Meudon, qui venait d'être appelé à remplacer le colonel Renard, le capitaine du génie Voyer, sous-chef du même établissement, et le commandant du génie Wiart, chef du laboratoire des recherches.

Comme toutes les précédentes, les ascensions de 1905 ont été conduites par MM. Juchmès, pilote, et Rey, mécanicien, accompagnés désormais à toutes les ascensions par un ou plusieurs des officiers de la commission, et souvent, en outre, par d'autres officiers ou personnages officiels.

Il fut convenu, entre la commission de contrôle et MM. Lebaudy, que l'on procéderait à deux séries d'expériences : dans la première on se mettrait dans les conditions d'un dirigeable accompagnant une armée en campagne; dans la seconde, on se mettrait dans les conditions d'un dirigeable desservant une place forte.

La première débuta par divers essais de campements

Digitized by Google

effectifs improvisés en plein air avec ravitaillement de gaz, d'essence et de lest par les moyens possibles en campagne.

Le 4 juin, on exécuta une ascension de réglage à laquelle prirent part, en plus de l'équipage Juchmès-Rey complété de l'aide Dubuc, le commandant Bouttieaux et le capitaine Voyer.

Le 11, on fit une ascension par temps d'orage avec trois atterrissages par méthodes successives, à des heures indiquées d'avance par le commandant.

Le 27, eut lieu l'ascension la plus longue qui ait été jamais faite, trois heures onze minutes. On constata que le ballon aurait pu, sans aucune difficulté, continuer encore au moins deux heures.

Entre temps, de nombreux essais de campements en plein air avaient eu lieu dans la plaine de Moisson, qui ne présente pas d'abris naturels. Ils permirent de conclure que le ballon pouvait résister à la plupart des intempéries extérieures en l'amarrant de façon à le tenir le plus exactement possible la pointe au vent.

Après ces ascensions préliminaires, le moment parut arrivé d'entreprendre un grand voyage par escales successives, avec campements, les uns plus ou moins préparés, ou reconnus, les autres tout à fait improvisés. L'itinéraire fixé avait été : camp de Châlons, Toul et Verdun.

Tout d'abord on avait songé à aller au camp de Châlons en cinq étapes, mais après les résultats si excellents des premiers essais, on préféra essayer d'en brûler au moins deux.

Seuls les campements de Meaux et du camp de Châlons étaient reconnus à l'avance, mais sans autre préparatifs que l'envoi de voitures-tubes de gaz comprimé pour le ravitaillement en hydrogène et la demande d'un petit détachement de troupe pour manier le ballon. Les autres étapes ne devaient même pas être décidées d'avance.

Digitized by Google

En temps de guerre, à part de rares exceptions, on pourrait prendre d'avance bien plus de dispositions : une compagnie d'aérostiers du génie habituée à la manœuvre du dirigeable, accompagnée de voitures-tubes, d'agrès, d'amarrages spéciaux, de provisions diverses, pourrait être transportée à l'avance, par moitié, d'étape en étape, en chemin de fer, voiture ou automobile, et préparer tout pour le recevoir à son arrivée, avec ou sans l'aide d'hommes pris parmi les troupes voisines. Mais, pour ces expériences, on a tenu à limiter volontairement les préparatifs, afin de se mieux rendre compte des difficultés qui pourraient surgir et d'en tirer d'utiles conclusions.

Le 3 juillet, à $3^h 30$ du matin, le *Lebaudy* quittait Moisson, filant vers l'est à sa vitesse propre maximum, qui est très voisine de 40 km. à l'heure. Combinée avec un vent du sud contraire assez faible, elle produisit la vitesse par rapport au sol de 37 km. la première heure, 36 la deuxième. L'étape de $93^{km},500$ fut parcourue en deux heures trente-sept minutes, avec une dépense de 100 kg de lest seulement, bien qu'on ait atteint l'altitude de 480 mètres.

Le campement fut établi sans difficultés auprès de Meaux avec l'aide d'ouvriers complaisants rassemblés à la hâte dans un faubourg de la ville et d'un détachement de trente cavaliers du 4e de hussards.

Le soir le vent s'éleva : néanmoins la nuit se passa sans encombre, au milieu d'une foule considérable accourue pour assister au départ.

Il eut lieu le lendemain à $4^h 30$. Le vent, maintenant de 7 à 9 m. de vitesse et presque complètement est-ouest, était donc très défavorable. Il fut décidé qu'on marcherait tout de même, et qu'on ferait escale d'une façon absolument improvisée, au choix des aéronautes, qui auraient à apprécier du haut de la nacelle la valeur des gîtes qui s'offriraient.

Digitized by Google

Ils s'arrêtèrent après un parcours de 18 km. dans ces conditions, sur l'ordre du commandant Bouttieaux, dans une clairière du bois de Sept-Sorts, près de Jouarre. Vu les circonstances, on constitua une équipe double de jour et de nuit de 70 carriers et paysans.

Cette précaution était sage, car un orage épouvantable sévit presque toute la nuit. Néanmoins on put atteindre le jour sans avarie. Le ravitaillement s'opérait alors au moyen d'une voiture-tubes envoyée dans la nuit.

La nuit suivante fut plus calme, mais remarquable par une pluie abondante qui trempa le ballon à tel point qu'elle finit par décoller certains agrès. On jugea prudent notamment de détacher le papillon de queue, qui n'est pas absolument indispensable et qui, ne s'appuyant à aucune partie métallique, ne tient qu'au moyen de pièces collées.

Malgré un léger vent d'est de 2 à 3 m. et la pluie persistante, le départ eut lieu à 8 heures du matin au milieu d'un cercle de quatre mille spectateurs accourus en dépit du mauvais temps.

Dans ces conditions fort désavantageuses, le dirigeable accomplit cependant le plus beau parcours qu'il ait jamais franchi et battit ses propres records de durée et de distance : à $11^h 20$, après avoir passé par-dessus Château-Thierry et Épernay, il atterrit au point fixé, au camp de Châlons près du Quartier national, après avoir parcouru $96^{km},5$ en trois heures vingt minutes; la vitesse moyenne par rapport au sol a donc été de 29 km. à l'heure; si l'on tient compte du vent contraire estimé à près de 3 m., on voit que le déplacement propre a été de 132 km. et la vitesse propre moyenne de 39 km. à l'heure.

A leur arrivée au camp une ovation enthousiaste attendait le dirigeable et les aéronautes. Soldats, officiers, généraux accouraient de tous côtés et formaient en quelques secondes autour du ballon une foule compacte, sympathique, qui prodigua aux trois aéro-

Digitized by Google

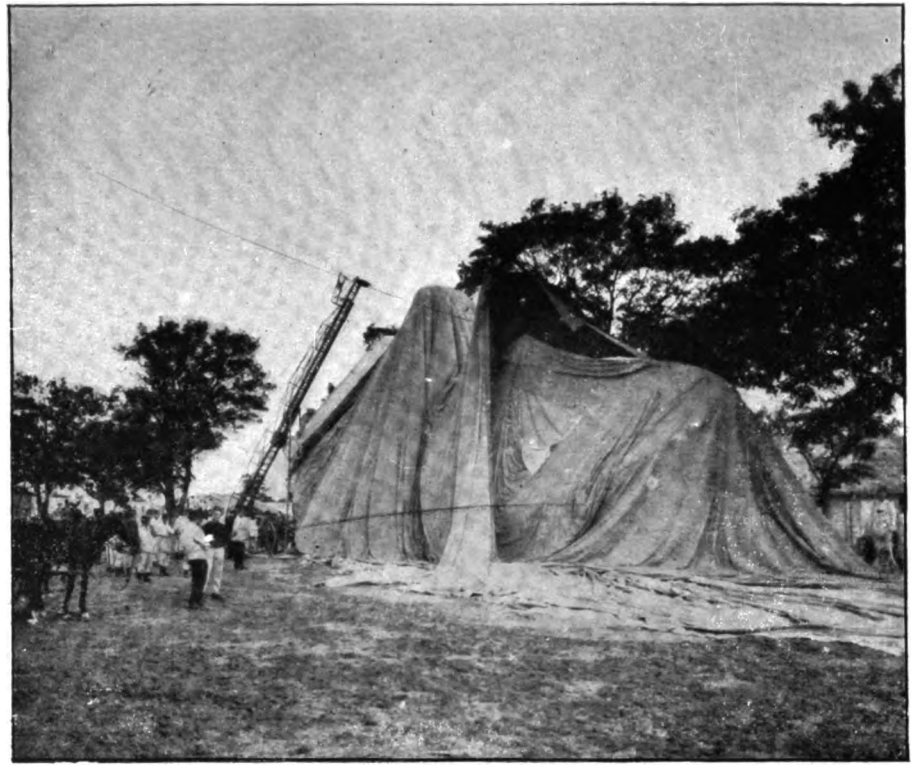


Fig. 35. — Accident du camp de Châlons (juillet 1906).

Digitized by Google

nautes, capitaine Voyer, M. Juchmès et M. Rey, ses plus chauds encouragements.

Bientôt tout était paré : malheureusement le campement était sans abri ; le camp de Châlons, plat et nu, en manque absolument et il apparut à tous que, cette fois, l'aéronat était à la merci d'une facile revanche des éléments.

Ils la prirent, complète, à 3h 55, quatre heures et demie après l'atterrissage si triomphal !

A ce moment, une tempête courte mais d'une rapidité et d'une brutalité inouïe s'abattit sur le camp, enlevant des toitures, déracinant des arbres. (Les épaves subsistent encore dans toute la région des Ardennes, de la Marne et de l'Aube.)

Le dirigeable, arraché des mains des fantassins qui le tenaient, partit en traînant une chevelure de vingt-cinq à trente piquets de fer, qui balayaient tout le sol, et, en un clin d'œil, le ballon, soulevé à quelques mètres de terre, franchissait 400 m. en quelques bonds, et se jetait sur les fils télégraphiques et les arbres de la Voie romaine. Il se déchirait, son enveloppe capuchonnait les arbres, toutes les parties métalliques s'allongeaient au-dessous, sur le bord de la route.

Cet accident aurait pu sans doute être évité si, au lieu de soldats d'infanterie, peu au courant des manœuvres aéronautiques, une équipe de sapeurs aérostiers s'était trouvée sur les lieux pour recevoir le ballon et organiser le campement.

Il n'y avait pas trop de mal ; trois soldats qui occupaient et gardaient le ballon, partis enchantés du petit voyage, l'avaient ensuite terminé sans, heureusement, essayer de l'abréger en quittant imprudemment la nacelle, qui les avait protégés et grâce à laquelle ils n'eurent aucune blessure, ni même aucune contusion. De même le moteur, les transmissions et les principaux agrès occupant la nacelle se trouvaient intacts ; les carcasses supérieures avaient un peu plus souffert et avaient quelques tubes faussés ; mais l'enveloppe était à moitié perdue ; elle était accrochée sur les branches d'arbres et présentait de nombreuses déchirures que le vent continuait à agrandir. On put cependant en sauver une partie grâce au concours de l'artillerie et de ses échelles Gugumus, qui, très adroitement manœuvrées, permirent de retirer d'entre les branches les parties d'étoffe pouvant encore être utilisées.

Malgré ces difficultés, deux journées suffirent à MM. Julliot et Juchmès pour démonter et ranger le matériel dans les locaux inoccupés du camp.

Digitized by Google

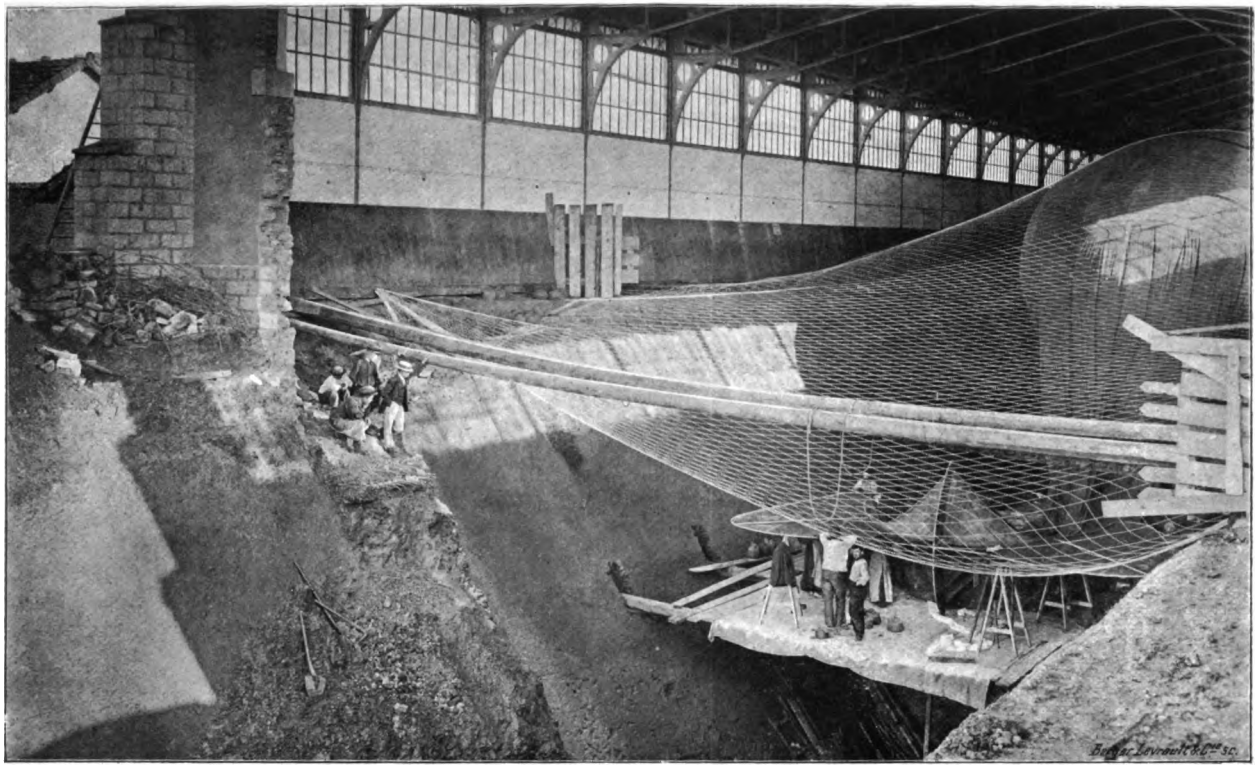


Fig. 36. — Montage du dirigeable à Toul.

Digitized by Google

La première campagne militaire était donc brusquement interrompue.

Cependant elle avait fourni des résultats concluants.

Certainement on avait constaté une fois de plus toute l'importance et la difficulté de l'amarrage par le mauvais temps. L'attache doit être très résistante et en même temps permettre de présenter toujours la pointe au vent, afin de diminuer au minimum l'effet de l'effort du vent. On n'a pas jusqu'ici trouvé le moyen de rendre ce mouvement automatique comme celui d'une girouette, ce n'est donc que par la manœuvre qu'on peut l'obtenir ; or cette manœuvre exige des gens au courant.

L'accident en lui-même avait toutefois son enseignement : l'effort extraordinaire de la tourmente avait arraché tous les piquets profondément enfoncés dans le sol sans détériorer aucun des organes du dirigeable, ce qui confirmait ce qu'on savait déjà de leur solidité, en particulier de celle du mode d'attache du ballon à la carcasse elliptique [1].

En outre, le dirigeable avait pu parcourir avec vent contraire 218 km. en trois étapes. Il était resté gonflé dehors plus de quatre-vingt-quatre heures. Ces résultats, très appréciés des spécialistes, sont d'autant plus intéressants que le temps a été exceptionnellement défavorable.

Il fallait maintenant se préoccuper de remettre l'aéronat en état de continuer la série des expériences. Or le camp de Châlons présentait fort peu de ressources et de facilités pour la réparation. D'autre part, les résultats obtenus dans le voyage Moisson-Camp de Châlons parurent à la commission assez concluants, pour qu'il devînt inutile de continuer le voyage par escales. Il fut

1. Voir p. 160.

Digitized by Google

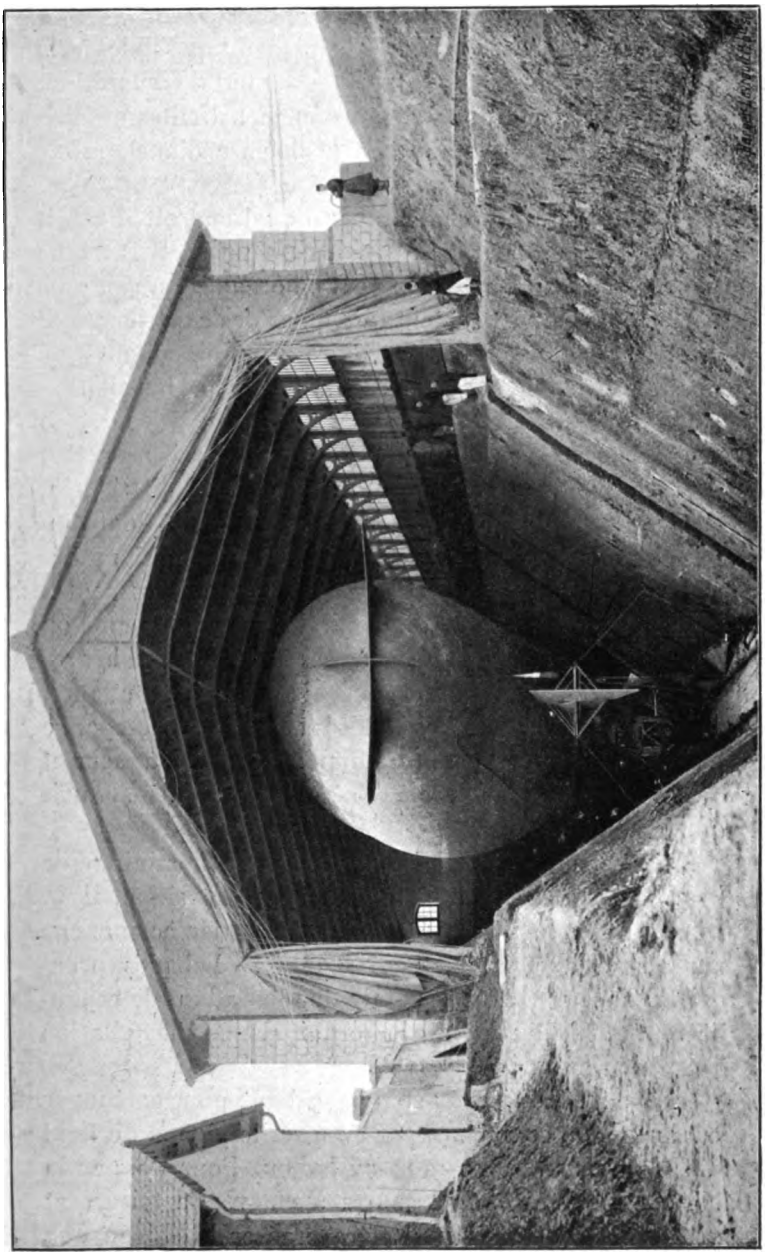


Fig. 37. — Le manège de la Justice, à Toul, aménagé en hangar à dirigeable.

Digitized by Google

donc décidé qu'on passerait le plus tôt possible à la seconde série des épreuves ayant pour but de déterminer dans quelles conditions et dans quelles limites ce dirigeable pourrait contribuer à la défense d'une grande place de guerre assiégée.

M. Julliot fut chargé d'étudier à quel endroit il serait le plus facile d'organiser rapidement un port d'attache pour le vaisseau aérien. On peut en organiser à peu près partout, mais il est évident que, pour des expériences, il est naturel de chercher à réduire les frais autant que possible. Rien ne se prêtait, à Verdun, à une installation facile. Au contraire, M. Julliot constata qu'à Toul, qui est peut-être la plus importante de nos places de frontière, il se trouvait, au quartier du 39e régiment d'artillerie, sur le plateau de la Justice, plusieurs manèges dont l'un remplissait d'une façon remarquable les conditions désirées : au bord d'un plateau, sur les premières pentes descendant vers la vaste vallée de l'Ingressin, auquel on pouvait demander l'eau nécessaire au générateur d'hydrogène, contre le terrain d'exercice de la Justice tout à fait favorable aux manœuvres de départ et d'atterrissage, ce manège avait précisément les dimensions de longueur et de largeur voulues pour loger l'aéronat. Il ne lui manquait que la hauteur.

MM. Lebaudy s'entendirent donc avec le ministre de la guerre, qui mit ce manège à leur disposition. Il fut convenu que le ministre ferait transformer ce manège par le service du génie, tandis que MM. Lebaudy prendraient à leur charge les frais de réparation, de regonflement et d'entretien du ballon ainsi que l'installation complète du parc.

Le 3 août les travaux commençaient ; pour aménager le manège, on commença par éventrer le pignon du fond afin d'ouvrir libre passage au ballon. Pour donner la hauteur nécessaire, on renonça à enlever la toiture et surélever le bâtiment, on préféra creuser le sol en une

Digitized by Google

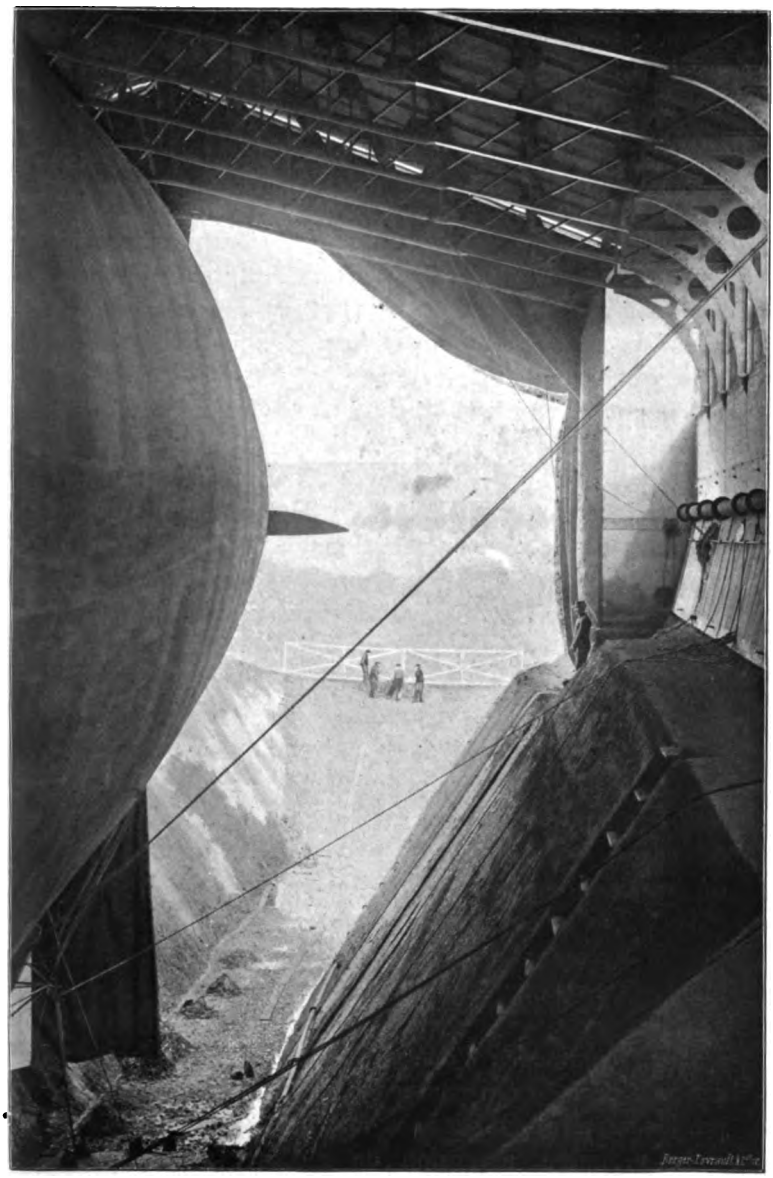


Fig. 38. — Le *Lebaudy* à l'intérieur du manège de la Justice.

Digitized by Google

immense tranchée de 10 m. de profondeur, raccordée avec le sol extérieur par un long fossé incliné, cela allait nécessiter un déblai de 8 000 m³ de terre. Pour achever l'organisation du manège on allait recouvrir d'une matelassure les fermes supérieures, afin d'éviter tout contact de l'enveloppe avec le métal, installer des fils et lampes électriques, enfin un système de tuyaux à vapeur destinés à maintenir pendant l'hiver une température à peu près constante pour éviter les trop grandes dépenses de gaz et les inconvénients d'une action prolongée du froid sur l'enveloppe caoutchoutée.

Pendant ce temps, M. Juchmès, avec le personnel venu de Moisson et une pléiade d'ouvrières de Toul et environs, réparait l'enveloppe, tandis que M. Rey, à la tête des mécaniciens et chaudronniers de l'équipe, remettait les carcasses en état. Le matériel employé à Moisson pour produire le gaz hydrogène, l'eau, la vapeur, la lumière et la force motrice électrique nécessaires au service du dirigeable arrivait à Toul par le chemin de fer. L'Ingressin était barré et une pompe électrique, avec 300 m. de tuyauterie, y était installée.

Tous ces travaux étaient activement poussés et le gonflement pouvait être commencé le 22 septembre ; il était terminé le 27. Après quoi on procéda à l'arrimage des agrès, assez complexes parce que la plupart avaient dû être coupés rapidement à Châlons.

Un détachement de sapeurs du 1er génie, commandé par le lieutenant Bois, était mis à la disposition de M. Juchmès pour l'entretien et la manœuvre du dirigeable.

Alors commença l'exécution du programme de la seconde période qui comprit neuf ascensions exécutées par les temps et dans les circonstances les plus variés.

La première, ascension de réglage (vérification et réglage de tous les organes en action), eut lieu le 8 octobre, jour où le ministre de la guerre était à Toul à

Digitized by Google

l'occasion de l'inauguration du pont stratégique de Liverdun. Pendant que M. Berteaux visitait l'hôpital militaire, par un temps affreux, le dirigeable apparut sur sa tête et le salua du haut des airs ; le ministre et son cortège répondaient avec enthousiasme du perron de l'hôpital.

Le 12 octobre eut lieu le remarquable voyage de Toul

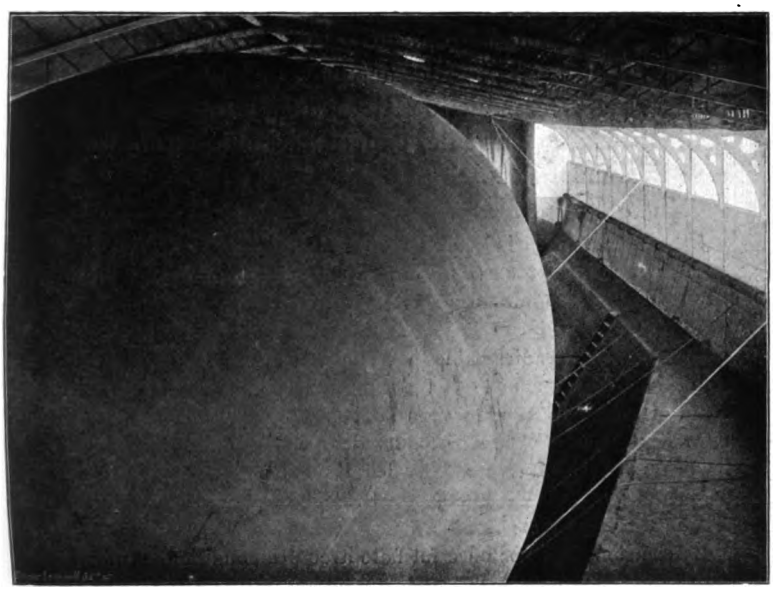


Fig. 39. — Vue prise du fond du manège.

à Nancy et retour, en deux heures quatorze minutes. Le commandant Jullien, chef du génie de la place, ancien aérostier, et le capitaine Voyer accompagnaient MM. Juchmès et Rey ; avec ces quatre passagers le dirigeable enlevait 423 kg de lest disponible.

Il allait d'abord planer au-dessus de la ville de Toul, signalant son passage du son strident de sa puissante

Digitized by Google

sirène, puis passait en vue du fort de Gondreville, et, suivant rigoureusement les verticales de la route de Toul à Nancy, il traversait la forêt de Haye, et arrivait à la capitale de la Lorraine; puis, après avoir évolué quelques instants et viré au-dessus des casernes Blandan, il rentrait au bercail. Le retour s'effectuait à la vitesse maximum de 40 km. à l'heure (26 km. en quarante minutes).

Le 18 octobre, la sortie avait lieu par un froid de plusieurs degrés au-dessous de zéro. A cette ascension prenaient part, en plus des aéronautes habituels, le capitaine Voyer, le capitaine Richard, adjoint au chef du génie de Toul, chargé des expériences photographiques, et le lieutenant Bois.

Le but de l'ascension, écrit M. de Masfrand dans *l'Aérophile*, était la visite du secteur nord et nord-ouest de la place de Toul, la prise de photographies des ouvrages avec les appareils militaires de téléphotographie, et le jet de projectiles; ce but fut parfaitement rempli. Le dirigeable passe d'abord près de la barre de Toul, laisse à gauche le fort Saint-Michel et arrive au fort Bouvron. Il se dirige ensuite vers l'ouest, va planer exactement sur l'ouvrage de la Cloche sur lequel des projectiles sont lancés. Le ballon va ensuite en marche lente sur Lagney, pique au sud, plane sur les forts de Lucey, de Bruley et d'Écrouves; le virage a enfin lieu au fort de Domgermain.

L'ascension du 19 octobre fut faite avec des conditions atmosphériques assez mauvaises; MM. Juchmès et Rey étaient accompagnés par le général Pamard, commandant la 39e division d'infanterie, en garnison à Toul, le capitaine Magny, officier d'ordonnance du gouverneur de Toul, et le capitaine Voyer.

Ils ont visité cette fois tout le secteur sud, planant à une grande hauteur, ont renouvelé les expériences de jet de projectiles et pris de nouvelles photographies, inspectant en deux heures et demie un périmètre de 50 km., enfin ont poussé une pointe jusqu'au fort de Pagny-la-Blanche-Côte sur les bords de la haute Meuse.

Le général Papuchon, gouverneur de Toul, assistait au départ et à l'atterrissage du ballon.

Le 21 octobre la nacelle emmena six passagers, dont le colonel Francfort, commandant le 39e régiment d'artillerie, à qui on avait

Digitized by Google

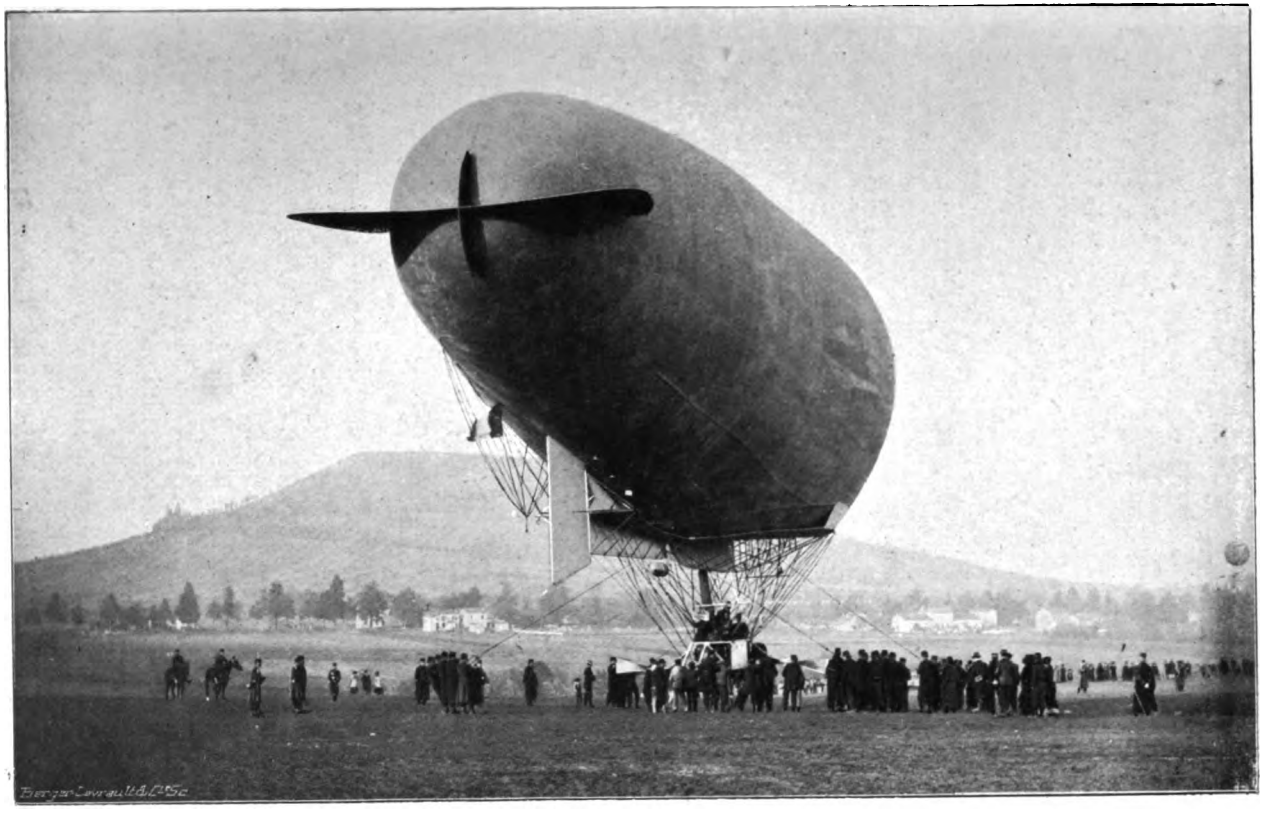


Fig. 40. — Visite du ministre de la guerre le 24 octobre 1905.

Digitized by Google

enlevé un manège pour le dirigeable, le commandant Gency, chef du 20e bataillon du génie, le capitaine Voyer et le lieutenant Bois. Malgré cela le *Lebaudy* disposait encore de 403 kg de lest. En cinquante-deux minutes de parcours à grande vitesse, il n'en dépensait en tout que 63, quoiqu'il ait évolué à une altitude de 425 m.

M. Berteaux, ministre de la guerre, en tournée d'inspection des places de l'Est, avait exprimé le désir de visiter le parc du dirigeable.

Le gouverneur de Toul avait donc envoyé, le 20, une « note de service » à M. Julliot, pour qu'il tînt le dirigeable prêt à sortir le 24 à 2 heures.

A l'heure dite tout était prêt.

A 2 heures le ministre de la guerre, M. Berteaux, arrivait avec le général Brun, chef d'état-major général de l'armée, le général Joffre, directeur du génie au ministère de la guerre, le général Oudard, directeur de l'artillerie, le général Michal, commandant le 20e corps d'armée, les généraux Papuchon, Pamard, Mas-Latrie, Servière, de Lammerville, de Nonancourt, etc. Ils étaient entourés de très nombreux officiers de tous grades.

MM. Paul et Pierre Lebaudy étaient venus à Toul assister à la visite du ministre, qui allait être en quelque sorte la consécration officielle de leur dirigeable.

M. Julliot commença par faire au ministre, sur sa demande, une courte conférence sur les grandes lignes de l'organisation et du fonctionnement du dirigeable.

Après avoir chaleureusement remercié l'éminent ingénieur et complimenté MM. Lebaudy, le ministre demanda à prendre part à l'expédition aérienne qui allait avoir lieu. Immédiatement il se dirigeait vers l'échelle, montait dans la nacelle et troquait son haut de forme contre une casquette de touriste. Avec lui prenaient place un de ses officiers d'ordonnance, le commandant Gossard, le commandant Bouttieaux et le capitaine Voyer, avec l'équipage ordinaire, au total six personnes.

En quelques instants l'équilibre était établi approxi-

Digitized by Google

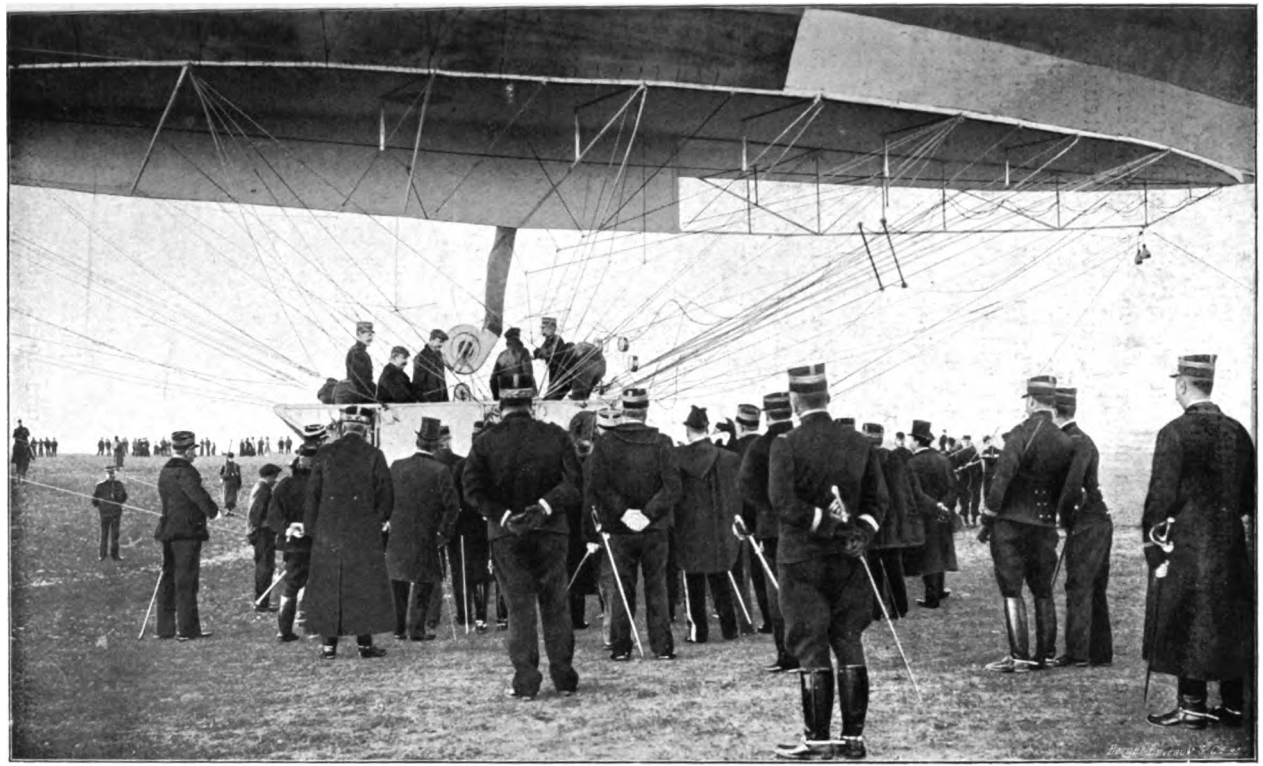


Fig. 41. — Ascension du ministre de la guerre à bord du *Lebaudy*.

Digitized by Google

mativement par l'abandon du nombre voulu de sacs de lest, puis les vingt-quatre cordes de manœuvre étaient filées. L'aéronat maintenant n'était plus retenu que par quelques hommes au moyen des quatre cordes fixées aux deux extrémités de la carcasse ; on mettait le moteur en route à blanc, sans embrayer les hélices, afin de s'assurer de son bon fonctionnement; on achevait ensuite, en lâchant progressivement du sable-lest, de parfaire l'équilibre vertical, c'est-à-dire d'amener à l'égalité absolue le poids total et la force ascensionnelle. Puis on sortait un sac de 5 kg de lest, déterminant ainsi une poussée exactement de cette valeur.

Au signal de *Lâchez tout* prononcé d'une voix de commandement par le pilote Juchmès, les cordes de retenue étaient abandonnées et le dirigeable s'élevait majestueusement dans les airs.

Tout d'abord, le vent, assez fort ce jour-là, l'emmenait un instant à la dérive, puis, les hélices étaient embrayées, faisant entendre leur ronflement sonore, et le vaisseau aérien, arrêtant son recul, s'élançait contre le vent. Il repassait bientôt au-dessus de son point de départ, et mettait le cap sur la ville de Toul. Ensuite, virant de bord, il allait planer au-dessus du fort Saint-Michel; enfin, décrivant une vaste courbe, il revenait au-dessus du terrain de manœuvre.

M. Juchmès, montrant par là jusqu'à quel point il était maître de son navire aérien, régla la direction et la vitesse de façon à tenir exactement tête au vent, sans avancer ni reculer, et lâchant du gaz, il descendit doucement d'un mouvement parfaitement vertical, comme si l'air avait été tout à fait calme.

Arrivé à 20 m. du sol, il laissait tomber les deux guide-rope, prenant ainsi deux points de contact avec le sol, et descendait encore ; les hommes de manœuvre saisissaient alors les cordes, amenaient la nacelle à terre sans la moindre secousse; les passagers pouvaient descendre

Digitized by Google

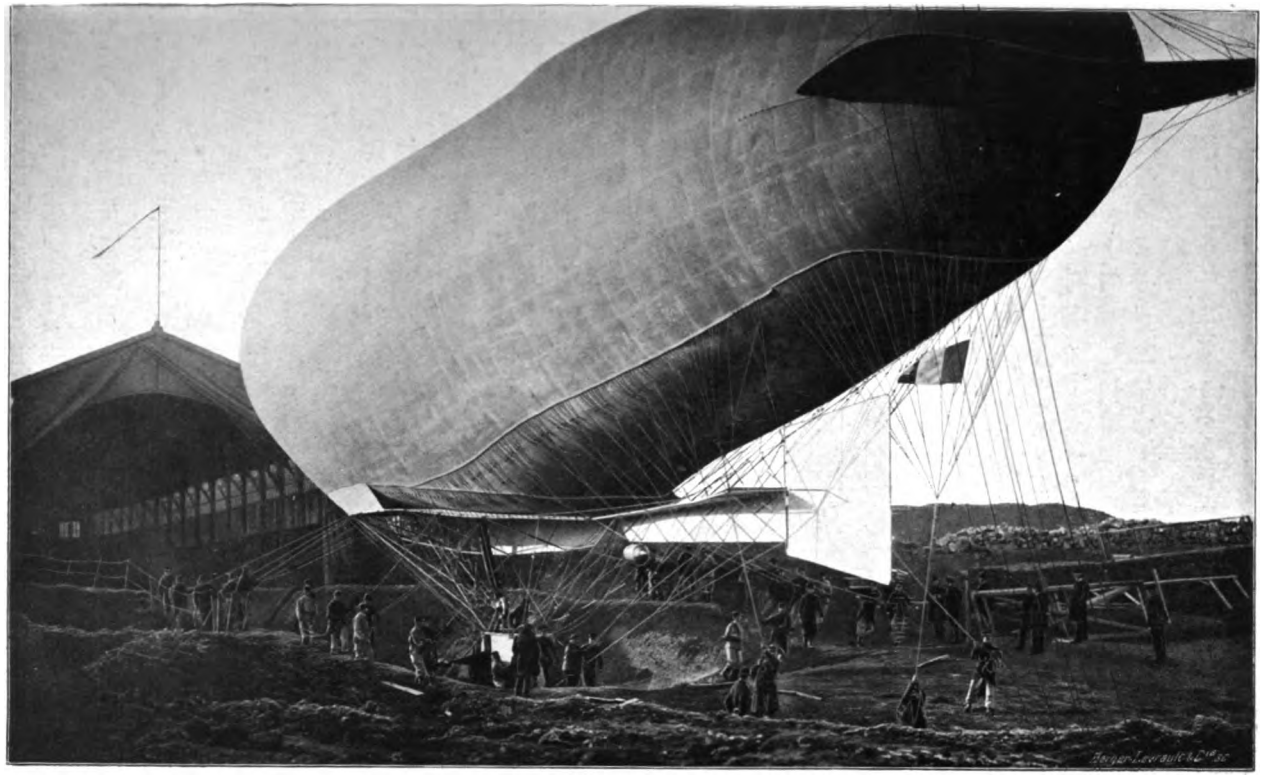


Fig. 42. — Le *Lebaudy* sortant de la tranchée du manège.

Digitized by Google

pendant qu'on les remplaçait dans la nacelle par des sacs de lest.

Pendant ce voyage aérien, le ministre avait exprimé à maintes reprises son enchantement. Aussitôt à terre il serre avec effusion les mains de MM. Lebaudy et de M. Julliot, déclarant : « Votre ballon est une merveille ! » et ajoutant qu'à son bord on éprouvait un sentiment de sécurité incroyable. Pendant plusieurs minutes il ne tarit pas d'éloges et de félicitations.

Après la brillante ascension officielle que nous venons de raconter le *Lebaudy* poursuivit, aussi vite que le permirent les difficultés de la saison déjà avancée, l'exécution du programme nettement tracé par la commission militaire.

Le 26, par un vent fort, il sortait, encore avec six personnes dont le colonel Strauss, directeur du génie de la place de Toul, le commandant Wiart, le capitaine Voyer et le lieutenant Bois.

Le 27, nouvelle ascension, au cours de laquelle le capitaine Voyer procéda à d'intéressantes expériences.

Le 7 novembre le général Michal, membre du conseil supérieur de la guerre et commandant du 20e corps d'armée, prit à son tour place dans la nacelle, avec le capitaine Sérot-Alméras-Latour, son officier d'ordonnance, le capitaine Voyer et MM. Juchmès et Rey.

Enfin le 10 eut lieu la dernière des épreuves fixées par le programme, celle d'altitude. Le ballon devait s'élever à plus de 1 000 m. au-dessus du sol, ce qu'il n'avait pas encore fait, sauf lors de sa fugue de l'année précédente.

A bord se trouvait le capitaine Voyer avec l'équipage ordinaire emportant 495 kg de lest.

L'aéronat évolua pendant une heure cinquante minutes, de 9h 10 à 11 heures.

Ce jour-là le temps était couvert ; à 200 m. les aéronautes se trouvaient déjà en plein brouillard ; jetant du lest, ils continuaient

Digitized by Google

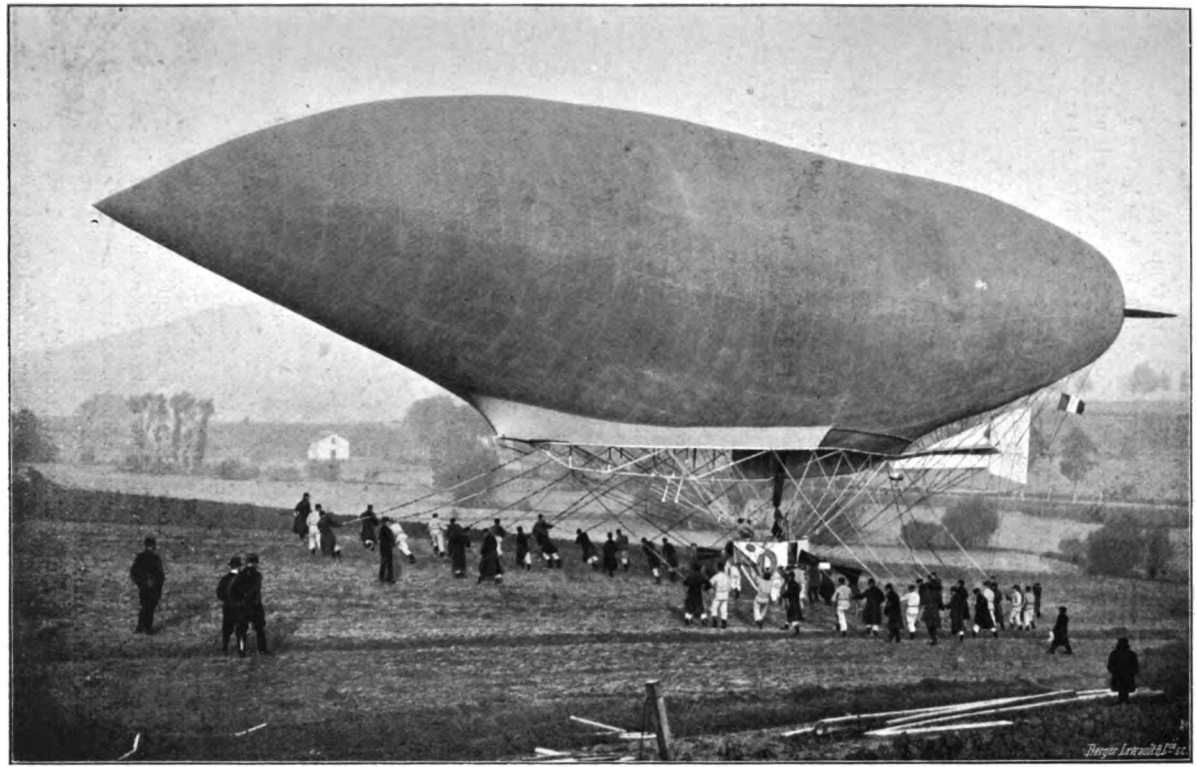


Fig. 43. — Manœuvre à bras du dirigeable se rendant sur le terrain d'exercices, lieu de départ des ascensions.

Digitized by Google

à s'élever à 800 m. A cette hauteur ils apercevaient encore par moments la ville de Toul; bientôt ils se trouvaient complètement noyés dans les nuages. Tout allait bien à bord, le ballon évoluait au gré de son pilote comme aux faibles hauteurs. Enfin il atteignit l'altitude de 1 370 m. au-dessus du niveau de la mer (1 120 m. au-dessus du parc); il continuait à évoluer, redescendait à 1010 m., pour remonter une deuxième fois à 1 370 m. L'expérience étant terminée et bien réussie au gré des aéronautes, la descente définitive commençait très lentement, et bientôt le ballon, auparavant caché par les nuages, était aperçu de terre au sud-est de Toul.

Il se dirigea vers l'aérodrome, tourna en cercle au-dessus du terrain de manœuvre et jeta ses engins d'arrêt.

Il avait dépensé 345 kg de lest sur 495 emportés.

Cette ascension venait de prouver que, seul de tous les engins militaires existants, un ballon dirigeable était capable de se mettre à l'abri de l'ennemi par la distance, sans cesser de l'observer, et de se réfugier au delà du voile des nuages en continuant à le dominer et à le menacer.

On comprendra que nous gardions la plus grande discrétion sur les détails des ascensions de Toul et les enseignements pratiques qui en ont été retirés et qui conservent naturellement un caractère confidentiel. Nous nous contenterons de dire qu'elles ont parfaitement réussi, au delà même de ce que l'on escomptait.

Tantôt volontairement dans de très mauvaises conditions, tantôt sur ordre, à heure fixe, l'aéronat avait pris son vol avec la plus grande sûreté, enlevant plusieurs fois six personnes. Il a effectué de nombreuses reconnaissances à l'intérieur et en dehors du camp retranché de Toul, poussant un jour jusqu'à Nancy, un autre jour jusqu'au fort d'arrêt isolé de Pagny-la-Blanche-Côte. Il a permis de procéder avec un succès complet à des expériences de jet de projectiles, de téléphotographie, etc. Enfin, après avoir maintes fois évolué à l'altitude, dite militaire, de 500 m. environ, la plus favorable pour la bonne exploration du terrain, il s'est élevé avec la plus grande facilité à 1 120 m. au-dessus du sol, dépassant sensiblement la zone où un ballon est considéré comme vulnérable, et a pu s'y maintenir et y manœuvrer au gré du pilote.

Digitized by Google

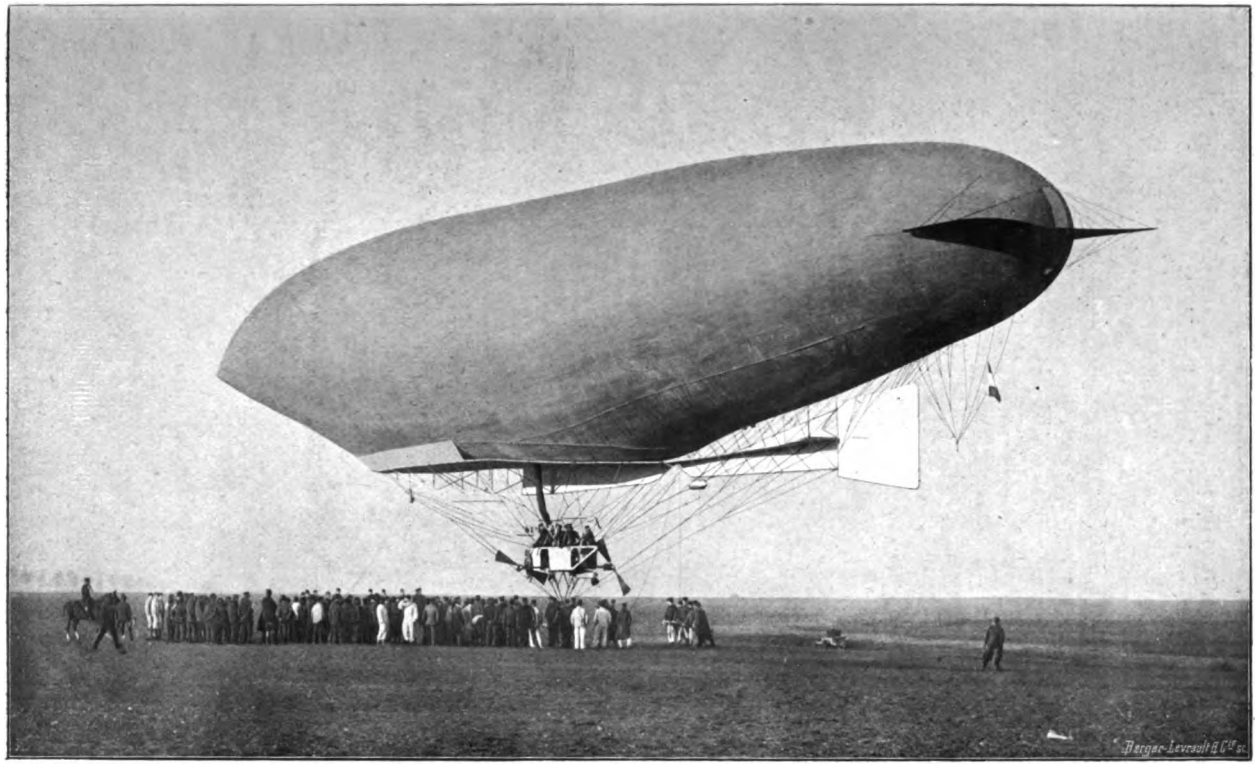


Fig. 44. — « Lâchez tout ! »

Digitized by Google

En somme, tous les points du programme fixé par la commission avaient été remplis sans incident ni accident.

Il importe de le remarquer, les officiers désignés par le ministre ne se sont pas bornés à contrôler les expériences; ils ont tenu aussi à se familiariser, sous la direction expérimentée du pilote Juchmès, avec la manœuvre complexe du ballon. Ils devenaient ainsi des instructeurs tout désignés et compétents pour le jour où le ballon automobile allait faire définitivement partie de notre matériel de guerre. Les membres de la commission avaient pris part, isolément ou plusieurs à la fois, à toutes les ascensions de 1905.

L'exécution du programme des expériences étant terminée, et concluante, on procéda au dégonflement, afin d'éviter une fatigue inutile du matériel, de pouvoir donner au personnel un repos bien mérité, enfin pour rendre ce personnel disponible pour un autre emploi.

En vingt-quatre heures l'immense ballon était vidé, puis l'enveloppe, détachée de la plate-forme et pliée, était mise dans une grande caisse que l'on garait dans un local suffisamment chauffé pour que les froids de l'hiver n'aient pas d'action fâcheuse sur elle.

Quant à la partie mécanique, assez longue à ajuster, on se décida à la laisser entièrement montée, la nacelle restant attachée à la plate-forme elliptique. Le tout était hissé d'un seul bloc aux fermes supérieures du manège de la Justice, à côté de la poutre armée, du gouvernail et du papillon de queue, détachés.

Les expériences de 1905 ayant été décisives, MM. Lebaudy, d'un généreux élan patriotique, voulurent mettre complètement à la disposition de leur pays leur remarquable engin.

Ils envoyèrent alors au ministre de la guerre la lettre suivante :

Monsieur le Ministre,

Nous avons l'honneur de vous informer qu'après l'exécution des expériences qui nous avaient été demandées par MM. les officiers

Digitized by Google

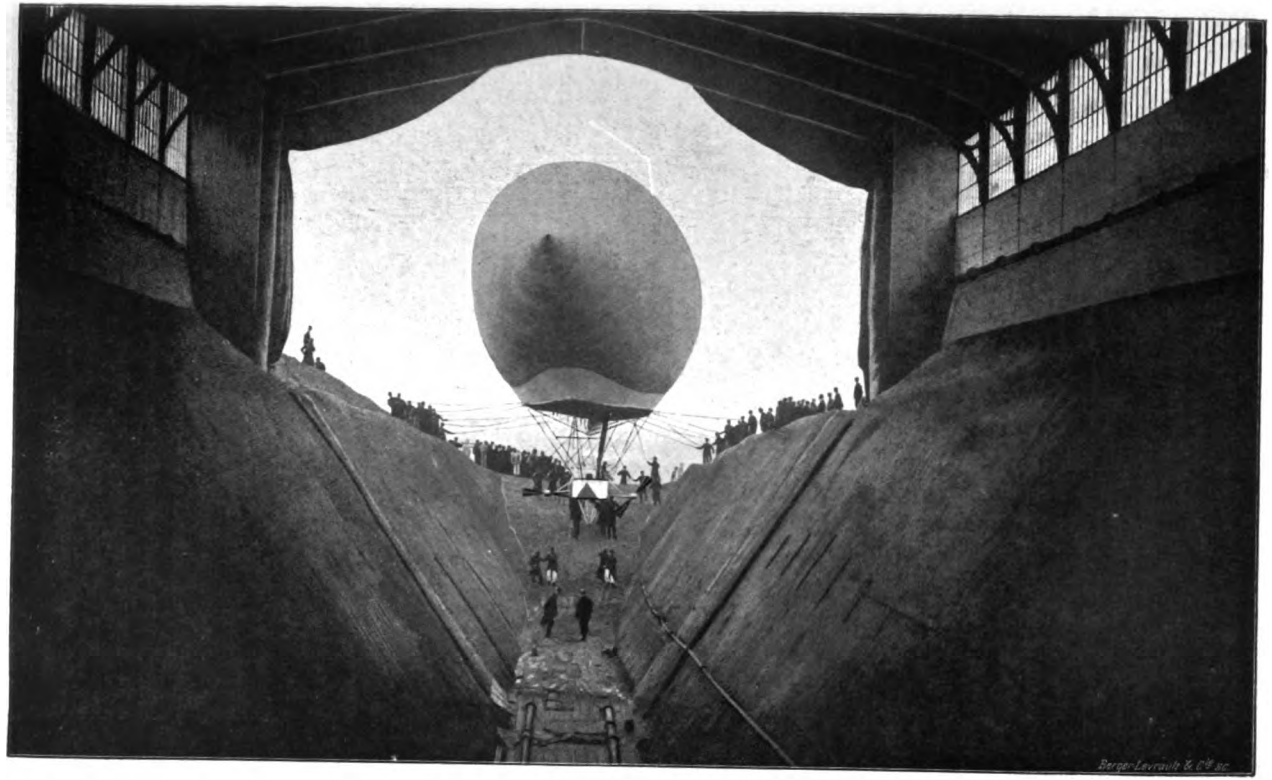


Fig 45 — Retour au manège.

Digitized by Google

chargés de contrôler cette année les essais de notre dirigeable, nous l'avons fait dégonfler.

Puis nous l'avons fait démonter en conservation, et toutes ses parties ont été repérées de manière que le remontage et le regonflement puissent se faire rapidement s'il y avait lieu.

Nous vous offrons de laisser tout notre matériel à Toul, si vous le jugez utile dans un intérêt de défense nationale, momentanément et sauf nécessité pour nous de le reprendre pour des expériences personnelles.

Nous avons envoyé notre ingénieur, M. Julliot, à Toul, en vue d'examiner les dispositions utiles pour le remisage du dirigeable et son réemploi éventuel ; à la suite de ce voyage et si vous acceptez notre offre, nous vous demandons l'autorisation de faire la remise du matériel au chef du génie local et que le chef du génie reçoive des instructions en vue de sa bonne conservation.

Il semblerait en outre nécessaire que M. le gouverneur de la place de Toul veuille bien donner des ordres en vue de garder le manège et le matériel fixe de gonflement monté en dehors de ce manège, pour éviter toute déprédation.

Veuillez agréer, etc...

Signé : LEBAUDY frères.

Le ministre de la guerre répondait quelques jours après à MM. Lebaudy :

Messieurs,

Par lettre du 8 décembre courant, vous avez bien voulu m'offrir de laisser provisoirement à Toul le matériel de ballon dirigeable vous appartenant et qui a donné les meilleurs résultats au cours des expériences récemment exécutées dans la région de l'Est.

En vous remerciant de cette offre, j'ai l'honneur de vous faire connaître que je l'accepte avec d'autant plus d'empressement que j'en reconnais hautement tout le prix.

J'invite en conséquence, par dépêche en date de ce jour, M. le général commandant le 20e corps d'armée, à prescrire les mesures utiles pour assurer dans les meilleures conditions possibles la garde et la conservation du matériel en question, dont vous pouvez d'ailleurs faire dès maintenant la remise au chef du génie de Toul.

Recevez, Messieurs, etc...

Signé : ÉTIENNE.

Digitized by Google

Le dirigeable *Lebaudy* faisait donc désormais partie de l'armée. La place de Toul était la première du monde qui fût dotée d'un ballon dirigeable, capable, nous l'avons déjà vu, de lui rendre les plus grands services.

Peu de temps après, le jour de l'inauguration du mo-

5 4 3 1 2 6

Fig. 46. — MM. Lebaudy et les officiers de la commission militaire.

1. M. Paul Lebaudy.
2. M. Pierre Lebaudy.
3. Commandant Bouttieaux.
4. Capitaine Voyer.
5. Capitaine Richard.
6. Général Mas-Latrie.

nument élevé à la mémoire des aéronautes du siège de Paris, le ministre de la guerre remettait à M. Henri Julliot la croix de la Légion d'honneur, récompense bien méritée et à laquelle l'armée entière, le pays entier a applaudi.

Ajoutons que la Société des ingénieurs civils de France,

Digitized by Google

dans sa séance du 15 juin 1906, donnait à M. Julliot, pour ses travaux d'aéronautique, son prix annuel, reconnaissant par là les services rendus à la science, comme la croix avait reconnu ceux rendus au pays.

Dès le mois de février le ministre avait demandé à MM. Lebaudy de se charger de la confection d'un nouvel aéronat.

La partie mécanique était construite à Paris dans une des dépendances de la raffinerie de MM. Lebaudy et exécutée sous la surveillance directe de M. Julliot, tandis que l'aéronaute Juchmès s'occupait à Moisson de la confection de l'enveloppe.

Il allait être terminé et gonflé en novembre 1906 et baptisé du nom de *Patrie*.

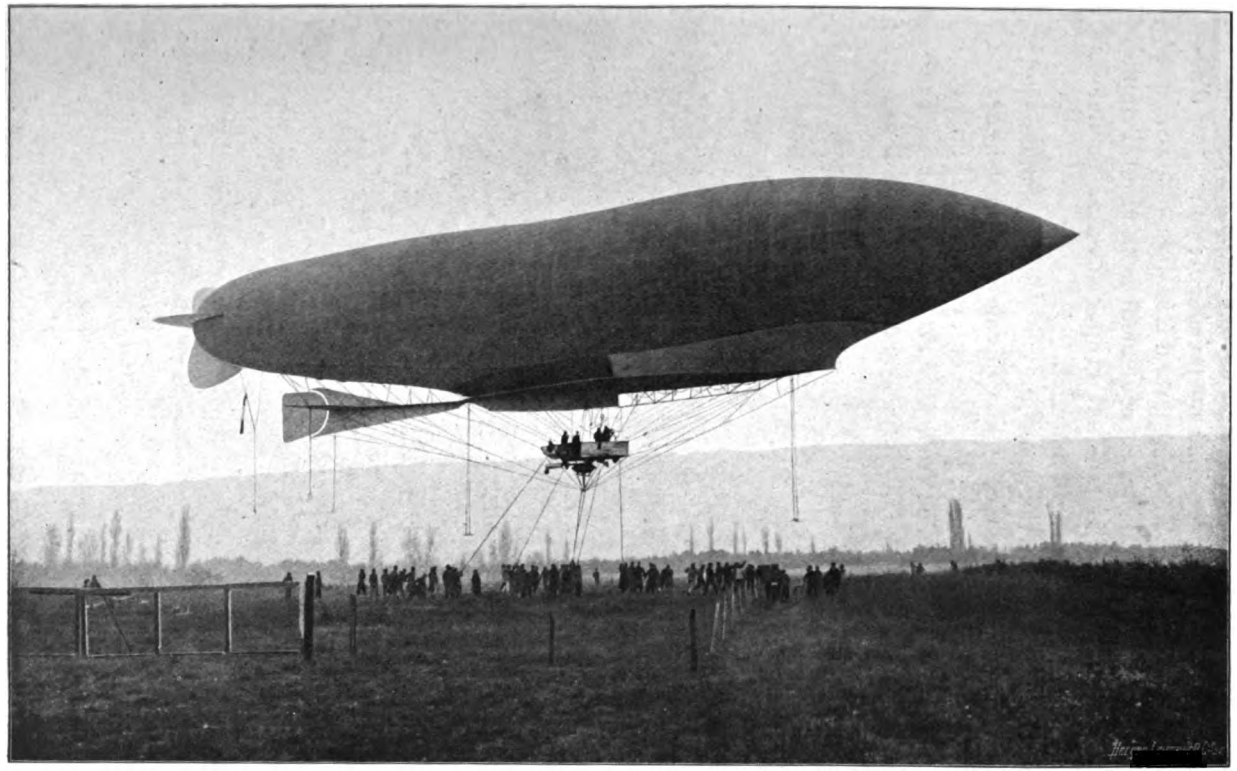
D'après les marchés passés, ce nouvel aéronat devait être prêt pour le 12 janvier 1907, date à partir de laquelle il devait être soumis devant une commission militaire à une série d'essais et d'épreuves, à la suite desquelles aurait lieu son enrôlement définitif dans l'armée.

Or, devançant l'époque de près de deux mois, il sortait le 15 novembre pour la première fois. On examina et on éprouva méthodiquement tous ses organes et toutes les parties de son fonctionnement : rien ne clochait le moins du monde; l'équilibre était irréprochable; M. Julliot avait su fabriquer un navire aérien qui n'avait besoin d'aucune retouche. On constatait en outre que la force ascensionnelle nette était exactement de 1 260 kg, ce qui assurait à l'aéronat un rayon d'action considérable.

Tout était tellement satisfaisant qu'on renonça aux essais à la corde, et qu'on se décida à le lancer dans les airs dès le lendemain 16. Cette première ascension montra que la stabilité, elle aussi, était parfaite. Beaucoup d'autres allaient suivre, en moyenne tous les deux jours.

Le nouvel aéronat, destiné à la place forte de Verdun, où un hangar et un parc ont été aménagés à son intention,

Digitized by Google



Ph. Roll.

Fig. 47. — Le dirigeable militaire *Patrie*.

Digitized by Google

est à peu près identique au précédent; son rayon d'action, sa faculté de transport, d'élévation et de mouvement à vent contraire, est seulement accrue par l'emploi d'un moteur plus puissant et par diverses économies faites sur le poids du matériel.

L'année 1906 marque donc une date importante dans l'histoire du monde, et une fois de plus c'est la France qui en aura la gloire; la première, en effet, elle aura créé la troisième armée : *l'armée de l'air,* et ce sont des Français qui auront résolu le passionnant problème de la locomotion aérienne.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

LES DIRIGEABLES « LEBAUDY » ET « PATRIE » DESCRIPTION

Nous venons de voir comment le *Lebaudy* avait été créé et s'était transformé, et d'assister à ses brillantes évolutions.

Approchons-nous maintenant et examinons l'instrument tel qu'il est aujourd'hui après sa mise au point définitive, afin de dégager ses caractéristiques et de nous rendre compte des moyens grâce auxquels M. Julliot a résolu le problème si intéressant de la locomotion aérienne [1].

Tout ballon dirigeable comporte essentiellement : un ballon, un moyen d'en assurer la forme, une nacelle, un moteur avec une ou plusieurs hélices, un système de gréement, un appareil à direction, un système stabilisateur, enfin des accessoires.

Ballon. — Un ballon qui, par suite de son mouvement propre, a à vaincre les résistances de l'air, doit présenter à cet air le minimum possible de surface, et par conséquent être allongé le plus possible. Mais cet allongement a des limites, car au delà d'une certaine proportion il devient très difficile de maintenir la rigidité indispensable de sa forme. En outre la surface et le poids de l'enveloppe crois-

1. On comprendra par suite de quel sentiment de discrétion nous n'avons pas voulu décrire en détail le dirigeable *Patrie*, qui est instrument militaire, et qui d'ailleurs ne diffère du *Lebaudy* que par quelques perfectionnements d'ordre secondaire dont nous indiquons d'autre part les principaux.

Digitized by Google

sent avec l'allongement pour un même volume. M. Julliot s'est arrêté à la proportion de 1/6 environ, voisine, d'ailleurs, de celle adoptée pour les autres aéronats scientifiquement établis tels que ceux de Renard et de Tissandier.

C'est ainsi que la longueur étant de $57^m,75$ [1], le maître couple (diamètre maximum) est de $9^m,80$.

La forme générale rappelle celle d'un cigare ; l'avant, très pointu, est un demi-fuseau de $24^m,90$ de longueur, par conséquent à peu près les 2/5 de la longueur. Grâce à cette forme, le ballon avance dans l'air en écartant les molécules avec le minimum de résistance et de travail. L'arrière, plus allongé, décroît très lentement pour fournir un grand volume, et se termine par une partie arrondie (ou plus exactement ellipsoïdale). Il se produit bien ainsi, derrière cette partie arrondie, quelques remous de l'air qu'on évitait avec le modèle 1902-1903, pointu à l'arrière comme à l'avant, mais ces remous sont de très peu d'importance et cette forme arrondie a été jugée indispensable pour attacher le papillon de queue.

La forme générale que nous venons d'indiquer est la forme théorique ; comme le montrent les photographies que nous reproduisons elle est conservée remarquablement en projection horizontale (fig. 132), elle n'est légèrement déformée que dans le sens vertical (fig. 48); les altérations minimes qu'elle subit sont dues au mode de suspension, et ont, d'ailleurs, plus d'avantages que d'inconvénients.

Vu de l'avant ou de l'arrière sur le prolongement de l'axe général, le ballon se profile à peu près exactement en un cercle.

Le volume total est ainsi de 2 950 m^3 (3 150 m^3 pour la *Patrie*).

Le ballon est gonflé de gaz hydrogène pur, qui est le

1. Le dirigeable *Patrie* a 60 m., avec maître couple de $10^m,30$.

Digitized by Google

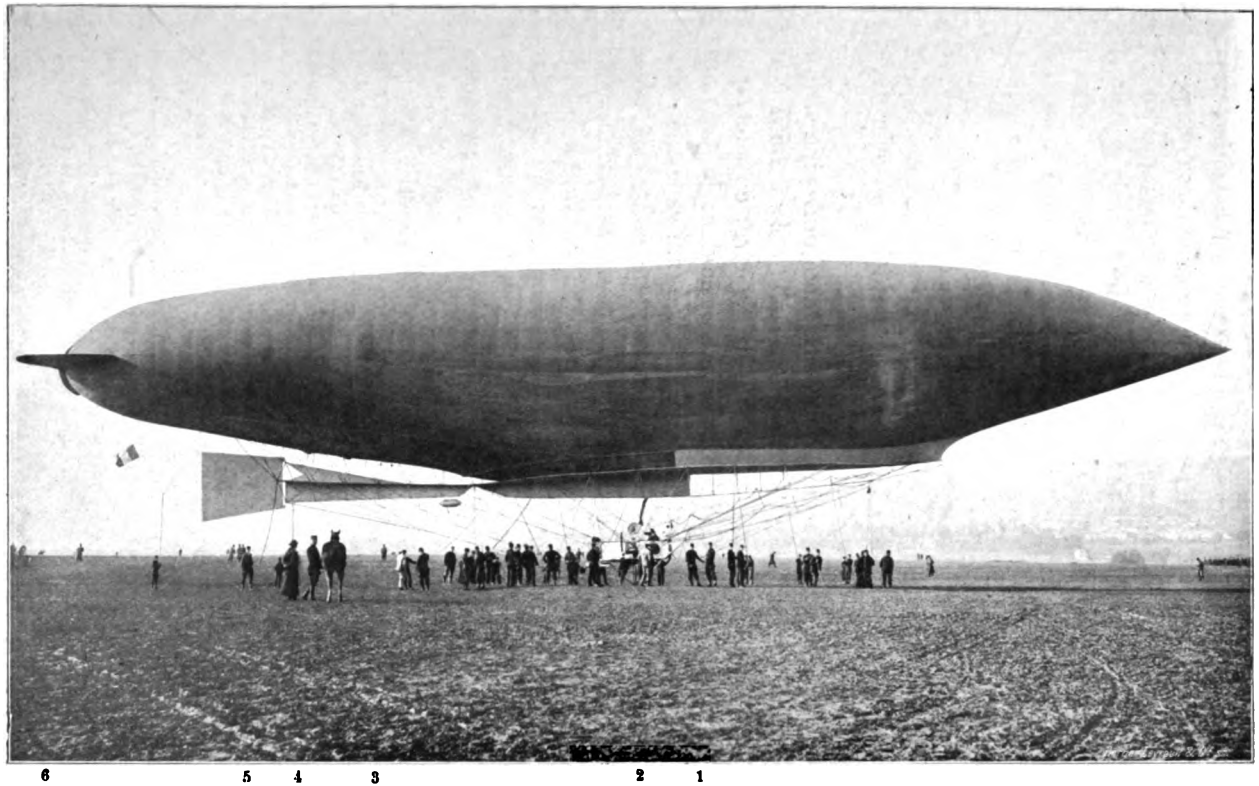


Fig. 48. — Le dirigeable *Lebaudy* vu de flanc.

1. Plate-forme elliptique. — 2. Arête verticale. — 3. Flèche ou poutre armée. — 4. Gouvernail horizontal. — 5. Gouvernail vertical. 6. Papillons de queue.

Digitized by Google

gaz le plus léger de ceux qui sont d'une fabrication pratique et pas trop onéreuse. Le mètre cube de ce gaz pèse en effet, avec les dernières impuretés qu'on n'a pas pu lui enlever, seulement 110 gr. (à 0° et 760 mm. de pression) tandis que la même quantité d'air pèse, dans les mêmes conditions, 1 290 gr.; la force ascensionnelle brute de chaque mètre cube d'hydrogène est donc de 1 180 gr., et celle de l'ensemble du ballon 3 540 kg [1].

L'hydrogène pur est peu dangereux à respirer; il est en outre inodore à ce point que, pour reconnaître sa présence et rechercher les fuites, il a fallu le parfumer avec de la muronine.

Une enveloppe de ballon dirigeable doit répondre à diverses conditions particulières : elle doit d'abord être avant tout très *solide*. Nous avons déjà vu, en effet, que la permanence de la forme est assurée dans le *Lebaudy* par le maintien du gaz à une pression un peu supérieure à celle de l'air ambiant ou pression atmosphérique; cette surpression est d'environ 20 mm. d'eau. Certains incidents (élévation brusque de température, etc.) peuvent augmenter cette pression avant que les aéronautes ou les soupapes automatiques aient pu la ramener aux limites voulues; il faut que l'enveloppe puisse supporter momen-

1. Ce gaz est produit par l'action de l'acide sulfurique ordinaire à 60° très étendu sur de la limaille de fer. L'hydrogène est ensuite purifié par des opérations successives. Il est d'abord lavé abondamment par barbotage dans l'eau, par pluie d'eau et par passage dans une colonne de coke sous une deuxième pluie d'eau. L'épuration se continue par le passage au travers d'une pâte poreuse composée de sciure de bois, de chaux et de sulfate de fer, contenu dans un deuxième cylindre ; ce mélange absorbe l'hydrogène sulfuré, tandis que le lavage à l'eau a fait disparaître l'acide entraîné ; l'un et l'autre sont en effet pernicieux pour l'enveloppe. Le gaz passe ensuite au travers d'une pâte composée de farine fossile et de permanganate de chaux contenue dans les deux cylindres suivants ; elle absorbe, avec une assez forte production de chaleur, les hydrogènes arséniés et phosphatés qui seraient très dangereux pour le personnel, ainsi que les carbures, qui alourdiraient le gaz. Le refroidissement et la dessiccation partielle sont obtenus par passage dans un réfrigérant à surface. Il est inutile de pousser la dessiccation trop loin, le gaz trop sec absorberait de l'eau au détriment de l'enveloppe. L'épuration se termine par un passage sur de la soude caustique, qui enlève l'acide carbonique venant de l'eau et de la combustion des carbures.

Digitized by Google

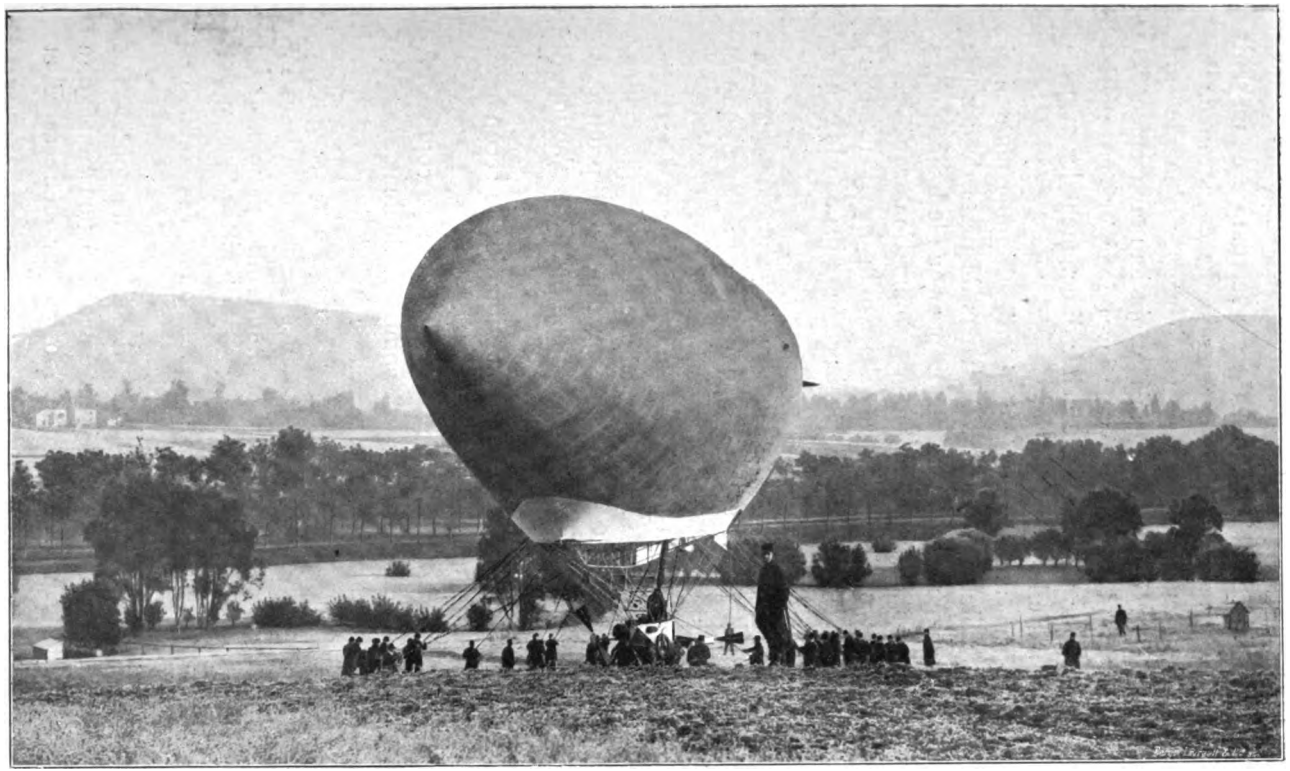


Fig. 49. — Le ballon *Lebaudy* « pied à terre » escaladant le plateau de la Justice.

Digitized by Google

tanément cet effort anormal sans se rompre en un seul endroit; un seul défaut amènerait une catastrophe. En outre, il est impossible de s'embarrasser d'un filet qui matelasserait la surface, nuisant ainsi au mouvement, et serait trop lourd; l'enveloppe devra donc être assez résistante pour permettre d'attacher directement les suspensions sur elle.

Il faut une *imperméabilité* à l'hydrogène pour ainsi dire absolue, afin qu'il n'y ait pas de perte de gaz par fuite pendant les ascensions, et pour que le ballon puisse rester gonflé longtemps sans consommation exagérée.

Il faut une certaine *souplesse,* afin que l'enveloppe puisse se prêter sans se déchirer à certains efforts et à de légères déformations.

Il faut que l'enveloppe jouisse d'une grande *durée,* si l'on veut posséder un instrument vraiment pratique et sûr.

La *légèreté* est une qualité importante aussi à rechercher, quoiqu'elle s'accorde mal avec les conditions précédentes; toute économie de poids doit en effet profiter au disponible de lest et par conséquent au rayon d'action du dirigeable.

Enfin, mais c'est là une condition d'ordre secondaire, on doit aussi rechercher l'*économie.*

Pour remplir au mieux ces différentes conditions, M. Julliot a choisi une étoffe composée de deux tissus de coton à fils parallèles avec deux couches de caoutchouc vulcanisé, une entre les deux tissus et une à l'intérieur du ballon. Les défauts inévitables de l'un des tissus ou de l'une des couches de caoutchouc sont ainsi neutralisés par l'autre. En outre le caoutchouc intérieur protège le tissu contre l'action des quelques impuretés que l'hydrogène pourrait encore contenir.

Cette enveloppe a donné des résultats tout à fait excellents; elle possède une étanchéité pour ainsi dire absolue. Elle ne pèse que 330 gr. par mètre carré et

Digitized by Google

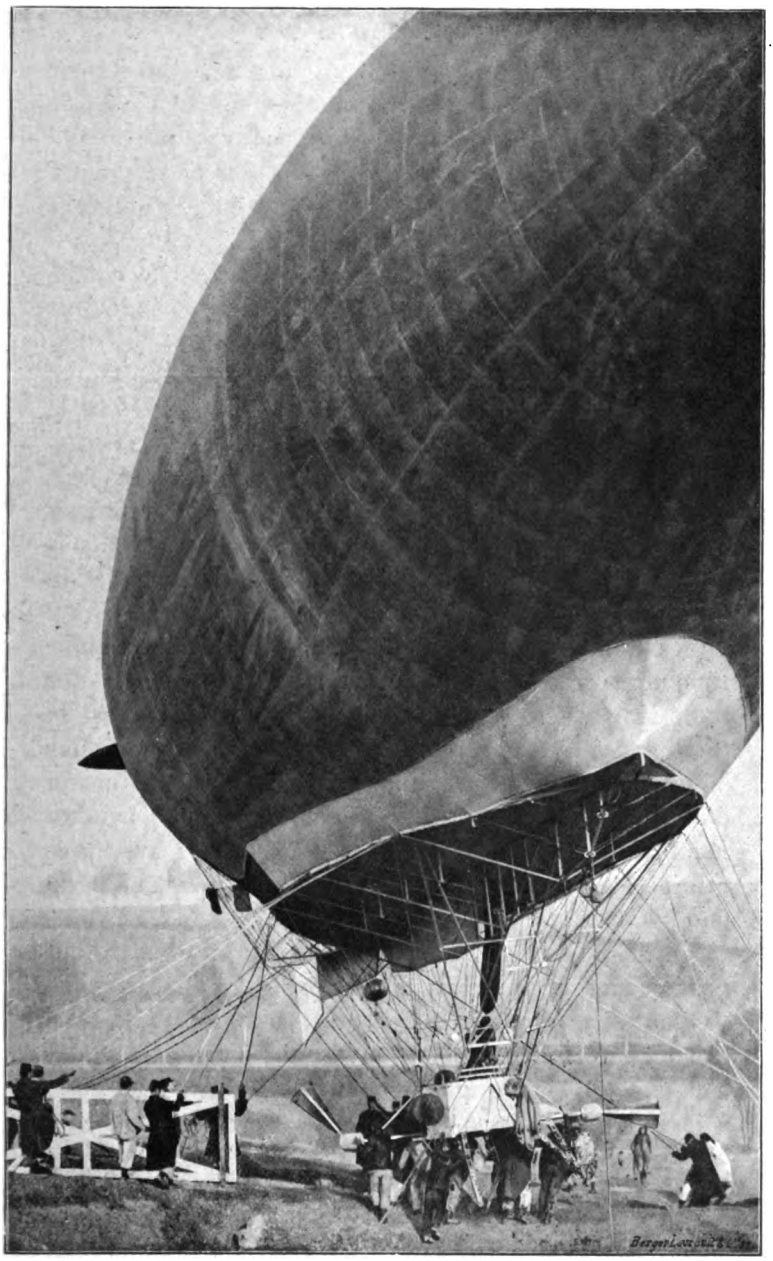


Fig. 50. — Sortie du parc.

Digitized by Google

cependant elle peut supporter un effort de 1 400 kg par mètre linéaire. Une combinaison analogue de soie et de caoutchouc donnerait la même résistance avec une légèreté plus grande, mais coûterait beaucoup plus cher. On y a donc renoncé pour un instrument qui était avant tout un instrument d'expérience et d'étude.

Les rayons lumineux ayant une action sur le caoutchouc, on a, pour le protéger, teint le tissu extérieur d'une couleur inactinique au bichromate de plomb jaune, couleur à laquelle le dirigeable a dû le nom sous lequel on l'a vulgairement désigné les premières années, « le Jaune ».

La fabrication de l'enveloppe demande des soins tout particuliers. Celle du *Lebaudy* est faite par la juxtaposition d'environ 1 400 morceaux quadrangulaires de dimensions et formes rigoureusement calculées. La perfection de leur assemblage est indispensable, pour donner aux lignes générales du ballon la pureté nécessaire pour répondre aux conditions de marche et surtout éviter toute irrégularité dans les efforts de traction. Aussi la totalité des coutures (plusieurs kilomètres !) sont-elles faites par la même personne expérimentée, au moyen d'une machine à coudre mue à l'électricité, tandis qu'un nombre suffisant d'aides déplacent à temps et avec précaution les plis de cette étoffe, qui ne pèse pas moins de 600 kg, une fois terminée.

Les coutures déterminent des trous qui donneraient passage au gaz ; on masque ces trous en collant par-dessus toutes les coutures trois bandes superposées de toile caoutchoutée. Cette opération se fait, comme pour les chambres à air de pneumatiques, au moyen de colle à la dissolution de caoutchouc. Elle donne d'excellents résultats.

Quand l'enveloppe est terminée, on la vérifie en la remplissant d'air. Des hommes pénètrent alors à l'intérieur, recherchent les moindres défauts, inévitables sur

Digitized by Google

une surface de plus de 1 200 m., et les masquent à l'aide de rondelles caoutchoutées.

A l'intérieur du ballon se trouve le ballonnet dont nous avons plus haut indiqué le double rôle. C'est, en somme, une grande poche oblongue, fixée sur le ventre du ballon, ou pour mieux dire, sur la plate-forme, laquelle constitue ventre du ballon. Cette poche est toujours vide au départ, car on a intérêt, naturellement, à partir avec le plus de gaz possible. Au fur et à mesure de la consommation ou de la condensation du gaz, le ballonnet est plus ou moins gonflé d'air. Il n'est donc jamais plein, il ne le serait qu'à la limite extrême d'emploi du dirigeable et on évitera toujours d'en arriver là. Il s'ensuit que son enveloppe (tissu caoutchouté simple) est toujours flasque. Dans ces conditions on comprend que l'air, beaucoup plus lourd que le gaz, tende, dès que le ballon prend une inclinaison quelconque, à rouler vers la partie la plus basse, alourdissant ainsi cette partie basse, ce qui augmente par conséquent ce mouvement, dont nous avons vu tous les inconvénients. Pour obvier à ce danger, le ballonnet, qui, à cause de la forme de la plate-forme, est beaucoup plus long que large, est divisé dans le sens de la longueur en trois compartiments par deux cloisons d'étoffes percées de très petits trous, en sorte que l'air envoyé par le ventilateur dans le compartiment du milieu se répand peu à peu dans les deux autres et ne passe que difficilement et lentement de l'un dans l'autre. Ces cloisons ont en somme une action retardatrice. Nous avons déjà vu cette disposition dans le dirigeable la *France*.

La contenance du ballonnet est de 500 m³ avec le 1905. Cette contenance est intimement liée avec le disponible de lest du dirigeable, puisque toute dépense de lest exige, pour revenir à l'équilibre initial, une dépense de gaz proportionnelle, et que ce gaz doit être remplacé par un égal volume d'air dans le ballonnet. Par exemple, si,

Digitized by Google

pour passer de 200 à 800 m. d'altitude, on a dû jeter 150 kg de lest, lorsqu'on voudra redescendre à 200 m., il faudra lâcher à peu près 160 m³ de gaz, et, pour maintenir la forme, les remplacer par l'envoi dans le ballonnet de 160 m³ d'air. Ces 500 m. de contenance correspondent donc à un maximum de dépense de gaz de 500 m., soit à un abandon de 570 kg de lest (chiffres ronds). Avec des aéronats dont le disponible de lest sera plus grand, comme la *Patrie*, le ballonnet doit avoir une contenance proportionnée.

Plans stabilisateurs. — Nous avons déjà dit que la caractéristique principale du *Lebaudy* résidait dans l'emploi de diverses surfaces planes pour assurer la stabilité longitudinale, c'est-à-dire éviter les terribles embardées, les mouvements de tangage, qui se manifestaient dès qu'on dépassait certaines vitesses.

Ces plans sont de quatre sortes : horizontaux et verticaux, les uns fixes, les autres mobiles. Chacun d'eux, on va le voir, a son rôle spécial, mais, d'une façon générale, les plans fixes ont surtout pour but de s'opposer aux mouvements non voulus, d'assurer la *stabilité*, tandis que les plans mobiles produisent les modifications de direction voulues, c'est-à-dire procurent la *dirigeabilité*. Les plans horizontaux évitent surtout le tangage ; les verticaux, le roulis.

La principale de ces surfaces planes est une grande plate-forme elliptique de 98 m², qui se trouve sous le ventre du ballon.

Cette pièce capitale joue, en dehors de son rôle de stabilisation, celui de carcasse de l'aéronat, car nous verrons tout à l'heure que c'est après elle que sont attachés d'une part le ballon, d'autre part la nacelle (1).

1. Cette carcasse elliptique forme, dans le *Lebaudy*, un bloc indécomposable ; c'est un inconvénient pour le transport sur route ou par voie ferrée, de l'aéronat démonté. Dans la *Patrie* tout est démontable en pièces pouvant passer au gabarit du chemin de fer.

Digitized by Google

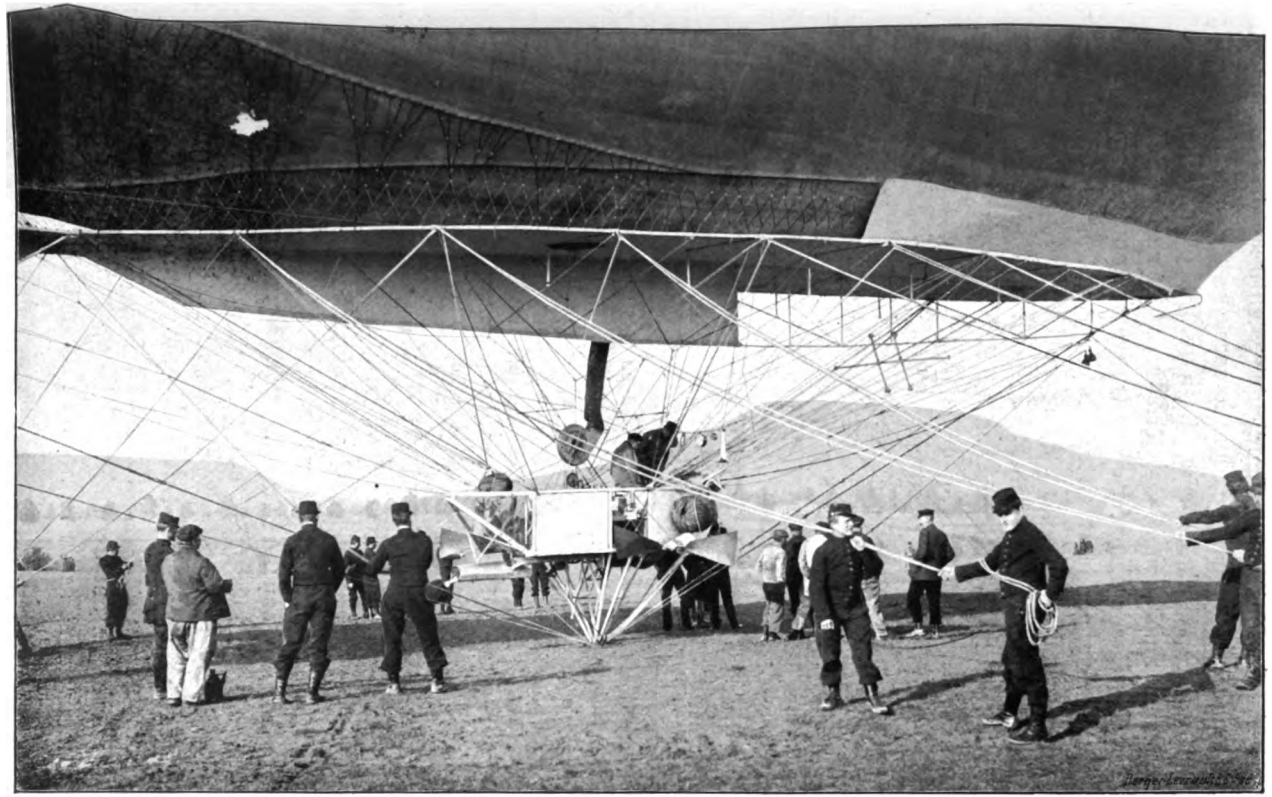


Fig. 51. — Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — La plate-forme elliptique et l'arête verticale.

Digitized by Google

Au-dessous et perpendiculairement, se dresse une longue arête verticale, dont la carcasse sert à assurer la rigidité de la plate-forme elliptique. Elle est entoilée seulement dans sa moitié postérieure, d'une surface de 10 m.

Derrière la plate-forme se trouve une poutre armée en forme de penne de flèche, comprenant un long plan horizontal et un long plan vertical en croix; la surface du premier est de 14 m., et celle du second de $10^m,50$. Cette pièce est articulée sur la précédente par une charnière horizontale; elle ne la prolonge donc pas forcément d'une façon rigoureuse.

Il y a là une ressource précieuse à un double titre : d'abord si l'on constate, pendant les premiers essais, que, grâce aux formes de la carène, le ballon, propulsé, présente une tendance constante soit à monter soit à descendre, il suffit, pour corriger cette tendance, de profiter de l'articulation pour régler les câbles d'attache et de suspension, entre deux essais, de manière à relever ou à abaisser l'arrière du plan. D'autre part les formes du ballon ne sont pas absolument immuables; quand, pour des raisons quelconques, la pression intérieure ne reste pas à 20 mm., le profil en long se modifie légèrement : quand la pression augmente, le ballon s'allonge en quelque sorte sur son axe; si elle diminue, au contraire, les extrémités avant et arrière tendent à se relever. L'extrémité avant est libre, mais l'extrémité arrière est attachée à la flèche, et si celle-ci est articulée à sa jonction avec le grand plan, elle cède légèrement et n'impose pas à l'étoffe des tractions exagérées.

A l'extrémité de la penne de flèche se trouve un gouvernail à axe horizontal qui, partant de la position horizontale, peut se relever mais non s'abaisser. Il remplace le V couché que nous avons signalé dans le modèle 1903. Quoique très petit ($6^m,80$ de surface), il a une action assez forte par suite de sa position éloignée du centre du système. De même que le précédent, il agit comme un coin stabilisateur : son action permet de relever l'avant de l'aéronat et de provoquer ainsi un mouvement ascensionnel de l'aéronat sans dépense de

Digitized by Google

lest; en le manœuvrant opportunément on peut prévenir certains mouvements de tangage prévus d'avance, tels que ceux qui se produiraient dans les virages, comme l'expérience l'a montré; grâce à lui, cette manœuvre se fait sans mouvement oscillatoire(1).

L'action de ce gouvernail est complétée, lorsque cela semble utile, par deux plans obliques déroulables à la

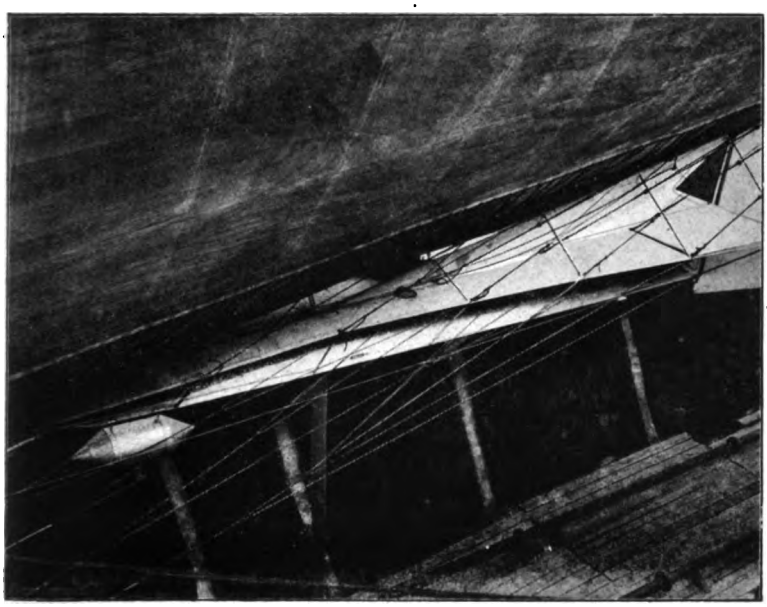


Fig. 52. — Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — La flèche ou poutre armée.

façon de stores contre la partie supérieure du cadre de poussée, en dessous de l'avant de la plate-forme (voir *fig*. 53)[2].

1. Dans le dirigeable *Patrie*, le gouvernail horizontal n'est plus pris aux dépens de la flèche, mais est placé de part et d'autre de l'extrémité du plan horizontal de cette flèche.

2. Dans la *Patrie* ces plans déroulables sont remplacés par deux ailerons inclinables autour d'un axe horizontal et fixés à droite et à gauche de l'avant de la plate-forme elliptique.

Digitized by Google

Il ne faudrait pas croire que ces plans obliques permettent de monter beaucoup. En les employant dans ce but on détruirait artificiellement et d'une façon passagère les avantages de l'équilibre vertical établi entre la force ascensionnelle et le poids de l'ensemble; supposons qu'étant équilibré à 500 m. d'altitude, on soit parvenu, par l'action oblique de ces plans sur l'air, à monter de 200 m., par exemple, c'est-à-dire à gagner l'altitude de 700 m.; comme cette ascension et le nouvel équilibre artificiel qui s'ensuit n'ont pu être obtenus et conservés

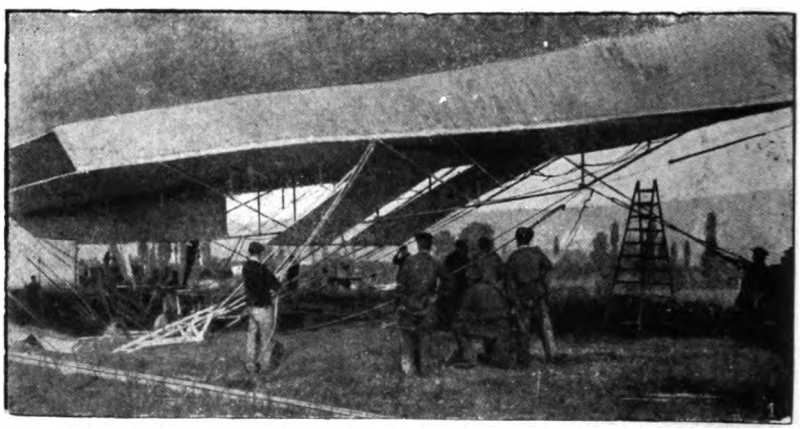


Fig. 53. — Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — Les plans déroulables.

que grâce à la propulsion, si le moteur venait à s'arrêter, l'aéronat redescendrait à peu près brusquement à 500 m., ce qui pourrait avoir de graves inconvénients [1]. Néanmoins il est certain que l'emploi discret de ces surfaces obliques permettra d'obtenir de légers mouvements de montée ou de descente, et surtout de combattre, au

1. Nous verrons plus loin que plusieurs constructeurs de dirigeables étrangers ont adopté des surfaces obliques. Lorsqu'ils les emploient comme moyen d'ascension, ils s'interdisent de stopper.

Digitized by Google

moins momentanément, certaines causes passagères de modification d'équilibre, par suite, d'économiser du gaz et du lest.

Tout à fait au bout de la penne de flèche est articulé le gouvernail vertical, analogue à celui d'un bateau. Sa surface est de $12^{m},75$. Il permet, dans des conditions

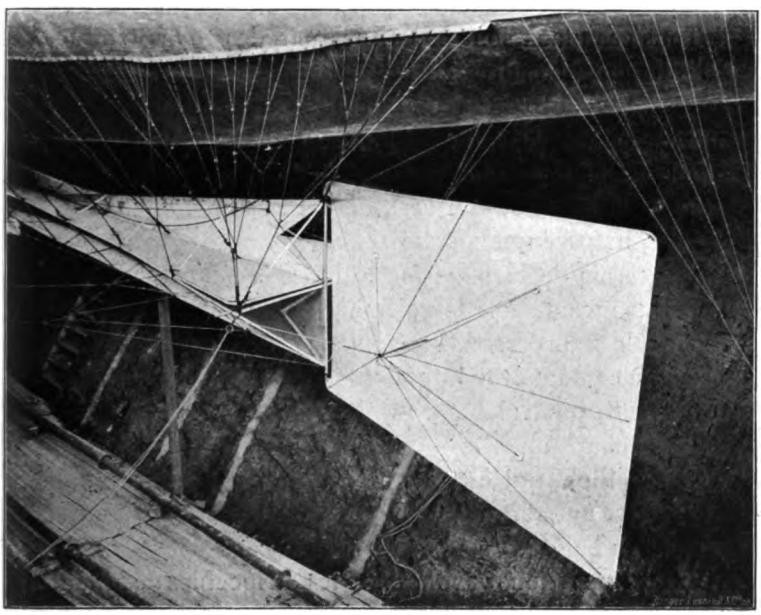


Fig. 54. — Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — Gouvernail horizontal et gouvernail vertical.

moyennes, d'exécuter un demi-tour complet en moins d'une demi-minute. La vitesse du virage peut être un peu accrue si l'on arrête la marche de l'hélice intérieure(1).

Enfin à l'extrémité arrière du ballon se trouve un

1. Le dirigeable *Patrie* a un gouvernail compensé plus actif et en même temps plus manœuvrable.

Digitized by Google

grand papillon horizontal, qui ressemble fort à une queue d'oiseau ou de poisson. Ce dernier plan a une surface de 14 m. et une grande efficacité grâce à sa position éloignée du centre du système.

On aperçoit aussi, au-dessus et au-dessous du précédent, un papillon vertical beaucoup plus étroit ; il a surtout pour rôle de fournir des points d'attache pour les fils qui tiennent et fixent le papillon horizontal.

Tous ces plans sont constitués par des toiles tendues à l'intérieur de cadres en tubes d'acier au nickel, entretoisés par d'autres tubes et des fils en acier de rayon de bicyclettes. L'ensemble de chacun d'eux est à la fois rigide et léger ; ainsi la grande plate-forme elliptique, longue de $21^{m},50$, qui sert de carcasse à tout le dirigeable, ne pèse que 290 kg.

Les tissus de la plate-forme et de la penne de flèche, qui se trouvent dans le voisinage du moteur, sont ignifugés. Ils retarderaient, jusqu'à ce qu'ils soient carbonisés, le contact avec le ballon des flammes, qui, en cas d'accident, pourraient se produire autour du moteur ou de son échappement.

Le papillon, qui est éloigné du moteur et exposé à la pluie, est, au contraire, en étoffe imperméable analogue à celle du ballon.

En résumé, nous voyons dans les dirigeables de M. Julliot un total de surfaces horizontales fixes de 134 m^2, et de surfaces mobiles de $16^{m2},30$, soit environ 150 m^2. Les plans verticaux fixes couvrent $22^{m2},50$, et le plan vertical mobile $12^{m2},75$, au total environ 35 m^2.

L'effet de ces plans stabilisateurs est absolument merveilleux. Grâce à eux le *Lebaudy* n'éprouve, surtout depuis le placement du papillon de queue, pour ainsi dire aucun mouvement de tangage, malgré sa très grande vitesse, alors que, comme nous l'avons vu, tous les aéronats construits auparavant en ont eu de terribles, souvent suivis d'accidents graves. Le très léger balance-

Digitized by Google

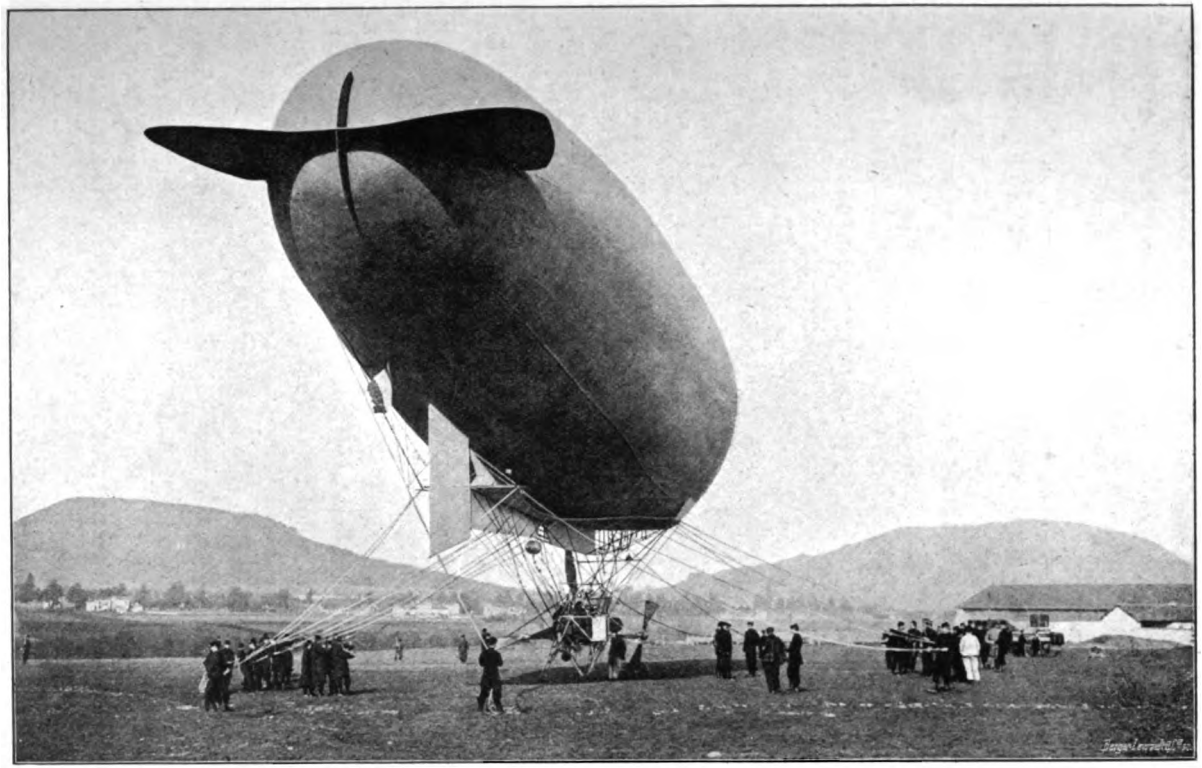


Fig. 55. — Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — Les papillons de queue.

Digitized by Google

ment qui se manifeste encore dans des circonstances exceptionnelles reste toujours assez faible pour n'avoir aucun inconvénient et aucun danger, car il est limité et bientôt arrêté par l'action des plans.

On peut donc dire bien nettement que M. Julliot a trouvé là un remède excellent à la grosse difficulté de la stabilité longitudinale de marche.

Certes, l'idée de fixer des surfaces planes sur un ballon dirigeable n'était pas tout à fait inédite; nous en voyons de formes, dispositions et dimensions variées dans un certain nombre de projets et d'expériences du siècle précédent. Le baron Scott avait bien songé à une sorte de penne de flèche servant de gouvernail de direction et d'ascension. Le projet Guillié comportait des plans de planements horizontaux et verticaux assez importants. Celui de Gabriel Yon, plus récemment, indiquait une grande arête verticale, prolongée par le gouvernail. Le ballon planeur l'*Avisol* d'Arsène Olivier devait avoir cinq grandes surfaces horizontales dont trois mobiles. La *France* possédait à l'arrière de la nacelle un petit plan. Le dirigeable de M. de Bradsky, qui eut, le 31 octobre 1902, une fin si dramatique [1] avait, autour de son armature équatoriale, une surface horizontale d'une étendue de 74 mètres.

Mais dans l'esprit de la plupart de ces inventeurs, ces surfaces semblent avoir eu un but un peu différent de celui de M. Julliot : de Bradsky en particulier, se préoccupait uniquement d'avoir une sorte de parachute chargé de ralentir la descente en cas d'accident.

Le premier et le seul jusqu'ici, M. Julliot, en demandant aux plans des surfaces de glissement susceptibles d'opposer des résistances suffisantes aux mouvements non voulus qui peuvent se produire, en a fait une étude

1. Voir p. 174.

Digitized by Google

scientifique et une application rationnelle. Et il faut avouer que le résultat en a été remarquable.

Propulsion. — La propulsion nécessite deux organes : un propulseur mis en action par un moteur.

Le propulseur, dans le *Lebaudy,* consiste dans une paire d'hélices, à axe parallèle à la ligne de marche du ballon, métalliques, relativement très petites, placées symétriquement à droite et à gauche de la nacelle, et tournant en sens contraire.

Ces deux dernières dispositions sont essentielles, estime M. Julliot ; une hélice unique placée en avant de la nacelle refoule l'air sur elle, et perd ainsi une partie de son effet de propulsion ; une hélice unique, placée en arrière, aspire l'air, déjà agité par des remous, qui est dans le 'llage de la nacelle. De plus, une hélice unique, tournant dans un sens déterminé, produit des effets inattendus de roulis et aussi des effets de tangage et surtout de giration accrus par la longueur habituellement donnée aux nacelles. Avec la disposition adoptée les hélices aspirent et refoulent l'air sans obstacles, c'est-à-dire avec un bon rendement et tous les efforts secondaires, étant symétriques, s'annulent les uns les autres (1).

Ces hélices sont petites et leur rotation très rapide. M. Julliot estime en effet — et les expériences qu'il a exécutées confirment sa théorie — que les molécules de l'air, milieu extrêmement fluide et extrêmement compressible, fuient ou cèdent devant un effort lent ; pour pouvoir rencontrer leur résistance, c'est-à-dire prendre appui sur elles, il importe de les frapper assez vite pour que, par suite du principe d'inertie, elles n'aient pour ainsi dire

1. Il y aurait une autre disposition qui réunirait ces conditions et aurait, semble-t-il, des avantages au point de vue de la stabilité, ce serait le placement des hélices de propulsion, soit entre le ballon et la nacelle dans le voisinage du centre du système (disposition Meusnier, Giffard, de la Vaulx, etc.) ou même à hauteur du ballon, c'est-à-dire du centre de résistance (disposition Jullien, Yon, etc.). Mais cela entraînerait des difficultés de construction, de transmission de la force du moteur, qui ont empêché M. Julliot d'adopter cette solution.

Digitized by Google

pas le temps de fuir ou de se comprimer. C'est pour ces motifs que, au lieu d'hélices de grandes dimensions, à rotation relativement lente, M. Julliot a employé une paire d'hélices à deux branches de seulement $2^m,44$ de diamètre auxquelles il imprime une vitesse de rotation de 1 000 à 1 200 tours à la minute.

Avec une semblable vitesse de rotation il ne pouvait plus être question d'hélices en toile plus ou moins solidement encadrée; on les a donc fabriquées entièrement en métal, en tôle d'acier spécial, mince et lisse; leur forme a pu être ainsi soigneusement étudiée, et en outre leur action a une précision et une régularité que ne pouvaient pas atteindre les hélices grossières à fond de toile.

Tous les moteurs légers peuvent être utilisés sur un dirigeable pourvu qu'ils soient solides et sûrs, ne consomment pas trop d'essence et ne demandent pas trop d'eau. Les meilleures marques de moteurs à essence de pétrole employées pour les automobiles sont donc celles qui conviennent le mieux.

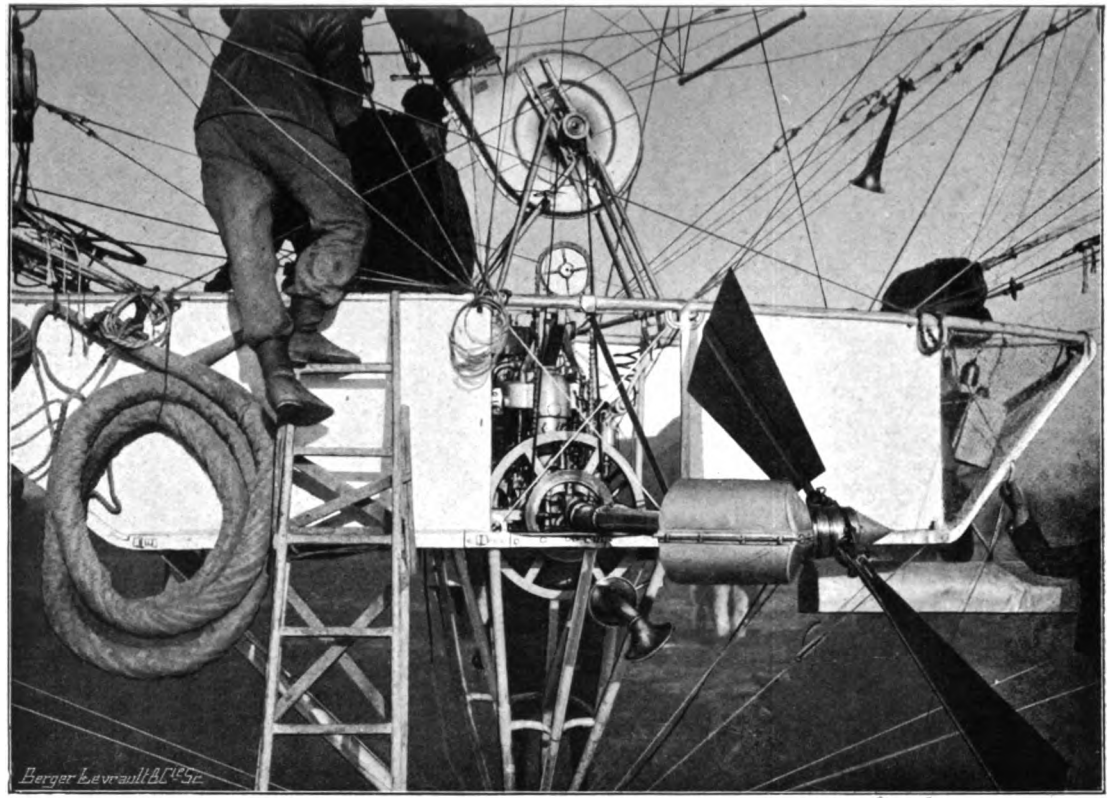
Dans le *Lebaudy* 1904-1905, ou modèle n° 2, on a placé un moteur « Mercédès » de 40 chevaux à quatre cylindres [1], de 115 d'alésage et 140 de course, à soupapes d'admission commandée et allumage par magnéto. Le radiateur à nid d'abeille ne contient que 13 kg d'eau qu'il est inutile de renouveler. Un carburateur à réglage permet de faire varier la vitesse à volonté de 250 à 1 200 tours à la minute avec vitesse normale de 1 000 tours.

Un compteur enregistre le nombre de tours et un tachymètre indique la vitesse au mécanicien, à tout instant.

Toutes les parties du moteur sont visibles et accessibles; un pot d'échappement empêche les aéronautes de subir un bruit exagéré; il est fusiforme et placé sous la nacelle et vers l'arrière loin de toute sortie possible d'hydrogène. Toutes les parties de l'échappement sont d'ailleurs couvertes par un tunnel en amiante et aluminium qui ne l'empêche pas de se refroidir, mais empêche l'essence de tomber dessus et de s'enflammer; enfin l'échappement

1. Dans le modèle n° 3 (la *Patrie*) le moteur est un Panhard et Levassor de 70 chevaux. Les hélices tournent à un maximum de 1 000 tours.

Digitized by Google



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Fig. 56. — Le moteur

1. Manomètre. — 2. Volant du gouvernail. — 3. Serpent lourd. — 4. Ventilateur. — 5. Moteur. — 6. Sirène. — 7. Hélice gauche. 8. Porte-voix. — 9. Long guide-rope.

Digitized by Google

se fait par une boule de toile métallique, qui, en cas de ratés, éteint les langues de flammes, toujours alarmantes sous un ballon.

Le réservoir d'essence, sorte de tonnelet d'aluminium, pointu à ses deux extrémités, est placé loin du moteur, pour éviter, en cas d'accident, toute chute d'essence sur les parties chaudes. Avant 1905, il était sous la nacelle; maintenant il est fixé sous l'extrémité de la penne de flèche. Avec la *Patrie* il est revenu à la position initiale.

La consommation moyenne est, avec le moteur employé, de 14 kg (20 litres) d'essence à l'heure; la contenance du réservoir est de 220 litres, ce qui permettrait, si on le remplissait complètement au départ, une marche de onze heures à pleine vitesse.

Nacelle. — La nacelle a la forme d'une petite barque à fond plat, avec les deux pointes relevées, de $1^m,60$ de largeur, $4^m,80$ de longueur et $0^m,80$ de hauteur [1]. Elle est divisée en trois compartiments à peu près rectangulaires : celui du milieu est réservé au moteur, celui de l'avant au pilote, véritable capitaine-commandant du vaisseau aérien, sous la main de qui se trouvent tous les organes de surveillance et de commande du ballon. Le compartiment arrière est destiné au mécanicien.

Chacun d'eux peut contenir en outre deux passagers, ce qui porte à six le nombre total des personnes que l'on peut emmener à la fois.

La carcasse de la nacelle est, comme tout le reste des parties mécaniques de l'aéronat, en tubes d'acier au nickel. Le cadre inférieur et les traverses qui portent le moteur sont en cornières d'acier. La pointe avant et le premier compartiment sont seuls garnis de tôle. L'arrière est simplement grillagé afin de faciliter la sortie de l'air introduit dans la nacelle.

1. Celle de la *Patrie* a la même forme mais est un peu plus longue et l'arête antérieure est verticale comme dans les paquebots.

Digitized by Google

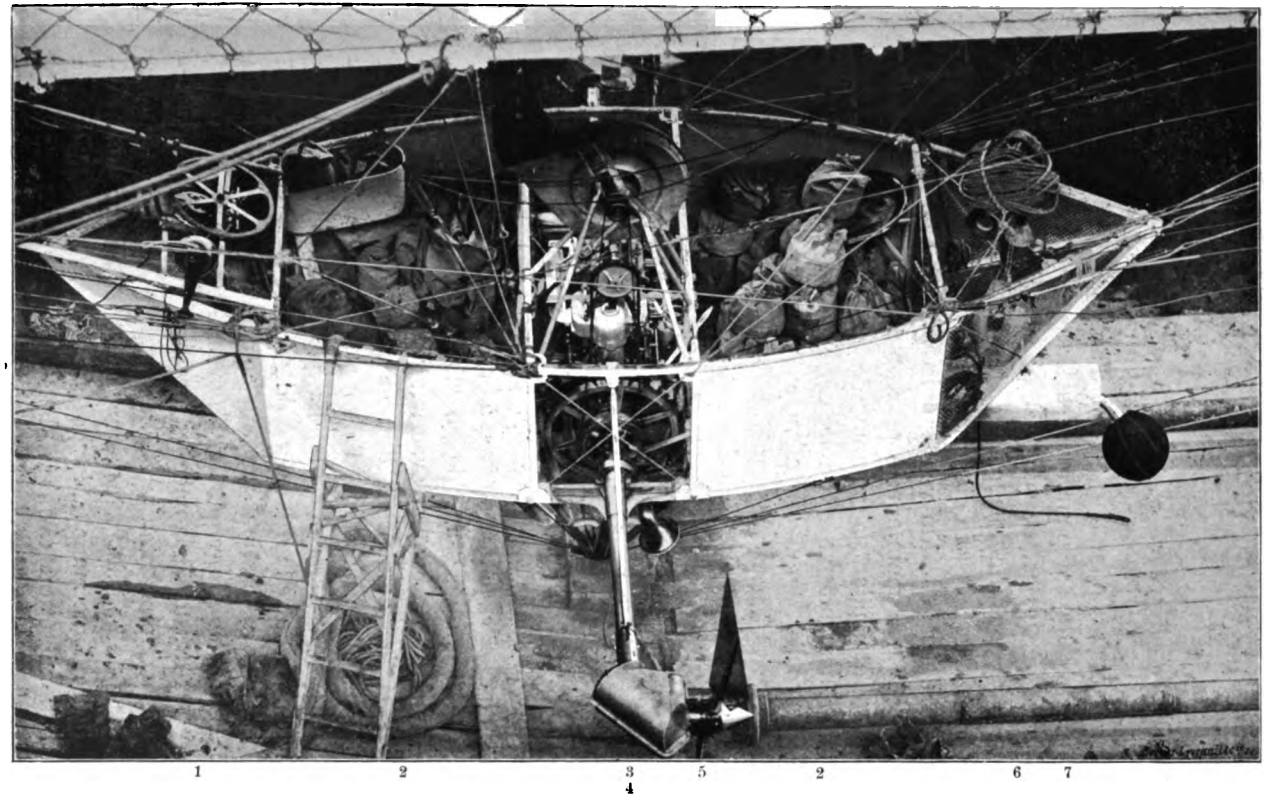


Fig. 57. — Intérieur de la nacelle.

1. Volant de direction. — 2. Sacs de lest. — 3. Ventilateur. — 4. Moteur. — 5. Hélice gauche. — 6. Guide-rope. — 7. Tunnel d'échappement.

Digitized by Google

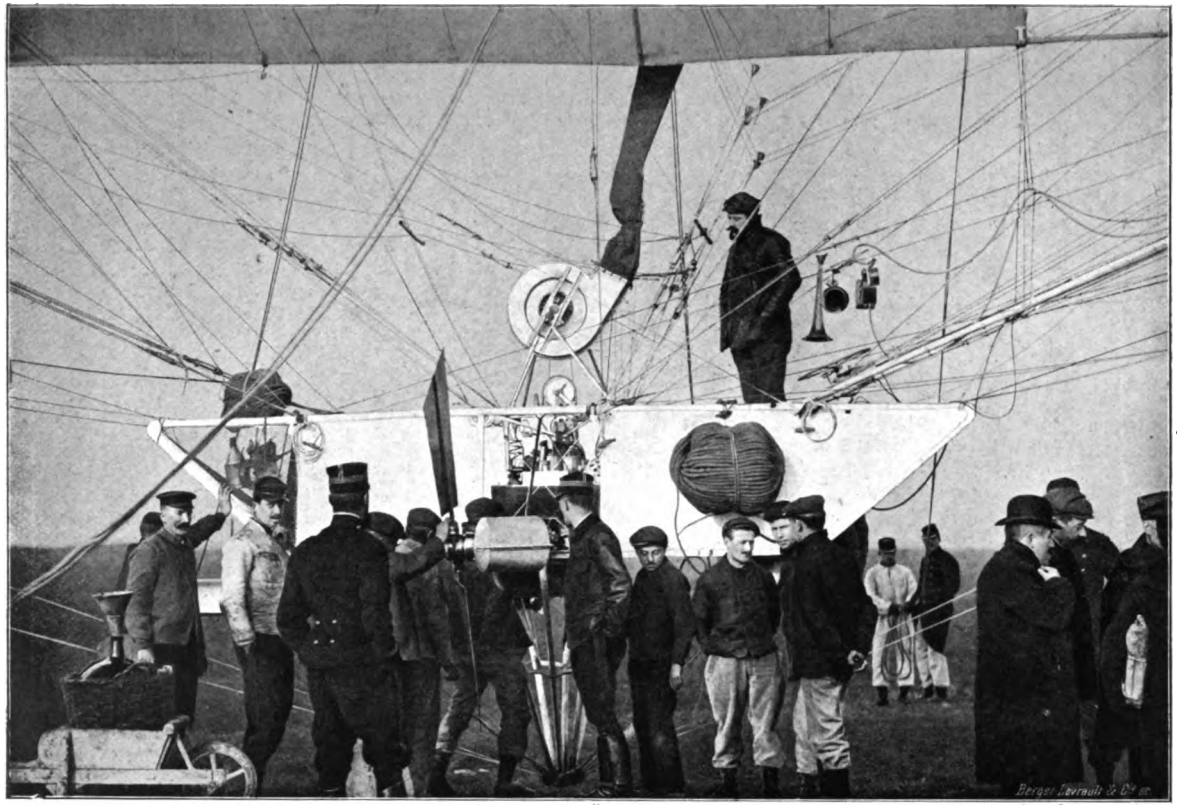
En dessous de la nacelle se trouve une pyramide de tubes d'acier qui est une des nombreuses nouveautés de cet aéronat.

Cette pyramide dont la pointe est en bas, véritable béquille, a pour double but d'abord d'éloigner assez la nacelle du sol pour que les hélices, même lorsqu'elles sont verticales, ne puissent pas venir le toucher et se fausser, ensuite de constituer un point de contact unique avec la terre ferme, lorsque le dirigeable est à terre. Pour diminuer l'effet du vent sur le ballon, il importe que le ballon soit maintenu le plus possible la pointe au vent, surtout pendant la manœuvre à bras, lorsque les hommes le retiennent par les quatre cordes dont nous avons parlé plus haut. Or la direction exacte du vent est souvent très irrégulière, à la surface du sol surtout, à cause des nombreux obstacles qui y créent des sortes de remous. Grâce à la pyramide, il est très facile aux hommes de manœuvre de faire tourner l'aéronat autour de ce point, qui est naturellement placé sur la verticale du centre de gravité et du centre de résistance des surfaces au vent, ou plutôt un peu en avant de ce dernier afin que l'effort du vent tende à placer en quelque sorte automatiquement le ballon la pointe au vent à la façon d'une girouette.

Il est intéressant de constater que, lorsque la béquille est en contact avec le sol, quelle que soit la force du vent, jamais le ballon ne verse ni ne se couche; si personne ne retient l'aéronat, cet ensemble se transporte sans versement, tandis que la béquille laboure de temps à autre le sol, sans qu'il se produise aucune avarie. Cette constatation montre combien est parfaitement assuré l'équilibre général du système.

Au-dessus de la nacelle, tout près du moteur, on aperçoit un appareil en forme de spirale. C'est le ventilateur, sorte de soufflet mécanique, qui expédie par l'intermédiaire d'une manche, large tube de toile, de l'air dans le ballonnet, nous avons vu dans quel but.

Digitized by Google



3 1 2

Fig. 58. — La nacelle et le ventilateur.

1. M. Julliot. — 2. M. Juchmès. — 3. Capitaine Voyer.

Digitized by Google

Il est extrêmement puissant : les ailes qui chassent l'air peuvent tourner à 3 000 tours à la minute et débiter ainsi un mètre cube par seconde. L'aéronaute peut donc obvier très rapidement aux plus importantes pertes ou condensations de gaz.

En principe, le ventilateur est mû par le moteur à essence de pétrole, avec lequel il peut être embrayé. Il peut en outre être actionné par une dynamo dans le cas où le moteur ne fonctionnerait pas.

L'appareil est entièrement en cuivre et aluminium, de manière que le choc des ailes sur la coquille ne puisse en aucun cas produire des étincelles qui, s'il y avait une fuite dans l'étoffe du ballonnet, pourraient enflammer le mélange détonant formé par l'hydrogène et l'air.

Suspension. — Nous avons déjà vu que le *Lebaudy,* pour assurer la liaison de la nacelle au ballon, c'est-à-dire la suspension, ne possédait pas ce grand filet qui emprisonne la plupart des ballons libres. Ces filets ont le double inconvénient de peser très lourd et de matelasser la surface du ballon, disposition peu favorable au glissement d'un dirigeable dans l'air.

La suspension est assurée par l'intermédiaire de la plate-forme elliptique, véritable et unique carcasse de l'aéronat, réunie au ballon, d'une part, à la nacelle, de l'autre, par des moyens tout différents.

La plate-forme est attachée au ballon au moyen d'une étroite bande de filet en couronne ; les mailles supérieures se terminent par des bâtonnets introduits dans les œillets percés le long d'un grand ourlet de toile circulaire, lequel est collé et cousu tout autour du ventre du ballon. Ce mode d'attache, assez curieux et qui a soulevé à son apparition d'assez vives critiques, ne semble pas les mériter, car il n'a jamais donné lieu au moindre mécompte ; il possède au contraire une souplesse relative

Digitized by Google

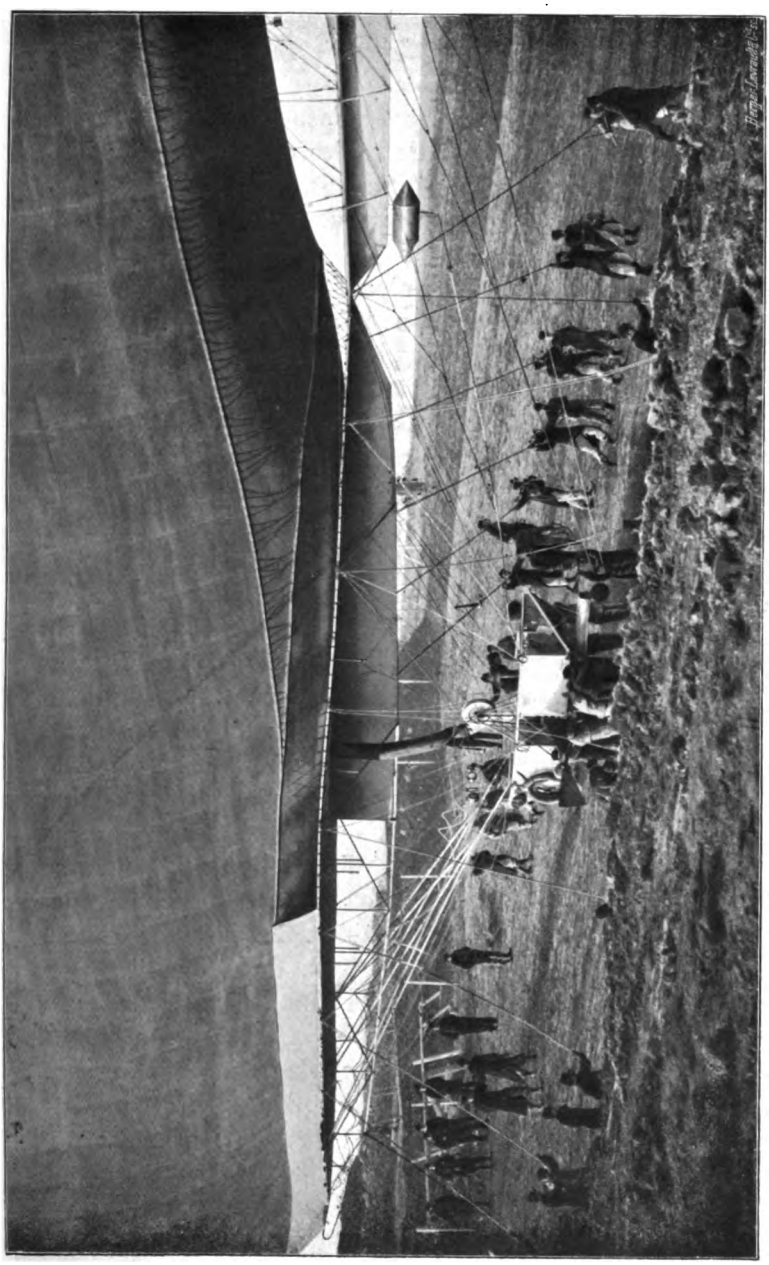


Fig. 59. — La suspension.

Digitized by Google

avantageuse et contribue, dans d'excellentes conditions, à la solidarité de l'ensemble.

D'autre part, la nacelle est suspendue à la plate-forme au moyen d'un système de câbles de fils d'acier, combinés en triangles indéformables. Ces câbles d'acier offrent une grande résistance pour un poids relativement faible.

Pour que la traction se répartisse convenablement sur ces câbles, ceux-ci sont tous munis de tenseurs dont on vérifie le réglage avant chaque ascension.

L'ensemble de ce gréement forme un bloc absolument rigide et indéformable en l'air, ce qui est une des conditions nécessaires pour éviter les trop fortes tendances au balancement.

En avant est placé obliquement un panneau de tubes d'acier qui constitue un organe assez curieux : on sait que la force de propulsion se manifeste sur l'arbre des hélices, tandis que la résistance de l'air agit sur le ballon lié à la plate-forme; il y a donc, de ce fait, tendance au renversement, à l'arrachement. M. Julliot a essayé, par ce cadre de poussée, un moyen de transmettre directement la force de propulsion à l'avant de cette plate-forme. Cet arbre est, à cet effet, articulé d'une part sur l'arbre des hélices, d'autre part sur une traverse de la plate-forme. Autrement dit, l'action des hélices se transmet en poussée par cet organe et non pas en traction par l'intermédiaire des câbles. Ce cadre contribue à la solidarité des différentes parties de l'appareil. Dans les virages, il rend la nacelle tout à fait solidaire du ballon.

C'est sur lui que se développent les plans déroulables, dont nous avons parlé comme plan stabilisateur de relevée. Enfin il possède un avantage accessoire qui n'est pas sans intérêt : si le ballon se déchire, comme cela est déjà arrivé deux fois, il maintient les carcasses au-dessus de la nacelle, préservant ainsi les aéronautes de

Digitized by Google

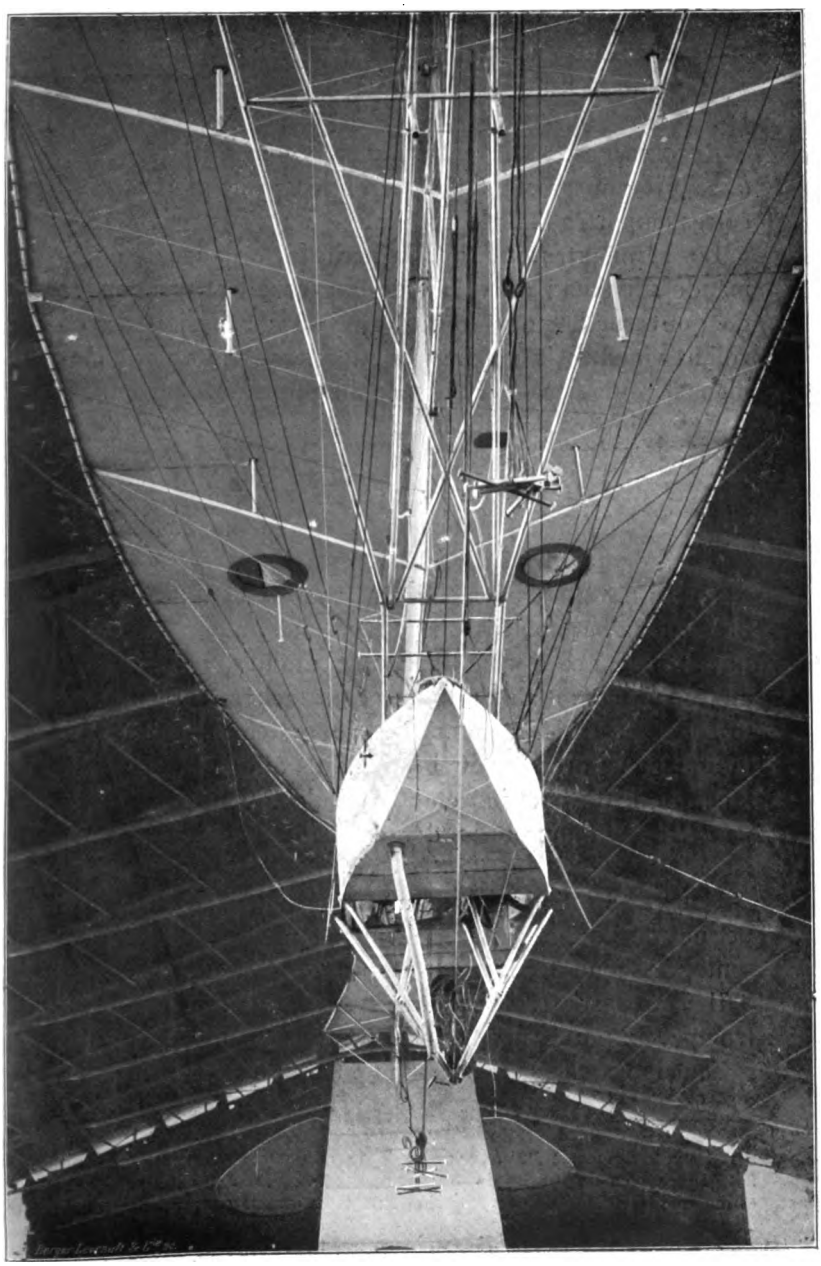


Fig. 60. — Le cadre de poussée du *Lebaudy*.

Digitized by Google

leur choc et de l'ensevelissement dans les plis du ballon plus ou moins remplis de gaz [1].

Accessoires. — Pour terminer la description du *Lebaudy* il nous reste à énumérer les principaux accessoires emportés dans la nacelle.

Les aéronautes ont sous la main les organes de commande suivants : un volant de gouvernail et des cordes de gouvernail, pour le cas où la transmission de ce volant viendrait à ne plus fonctionner — le volant des plans déroulables — la poignée du gouvernail horizontal — les poignées des cordes des cinq soupapes — l'embrayage du ventilateur et la cordelette de manœuvre d'un clapet de réglage du ventilateur — les diverses manivelles de mise en marche et du réglage du moteur, de l'embrayage des hélices, etc.

Ils ont devant les yeux divers instruments indispensables : deux baromètres d'altitude, dont un enregistreur, un anémomètre à compteur, une montre, un thermomètre, un compteur de tours et un tachymètre, un statoscope, et trois manomètres de systèmes différents, indiquant la pression intérieure du ballon. La surveillance de cette pression étant capitale, il importe de ne pas être à la merci du dérangement d'un manomètre isolé.

Une carte est placée sur un support tournant, ce qui permet de l'orienter parallèlement au sol qu'elle représente, de façon à faciliter la lecture.

Il y a, en outre, une jumelle, une longue-vue, une trompe, un porte-voix, un sifflet, etc.

Sous la nacelle se trouve une puissante sirène mise en

---

1. Dans le dirigeable *Patrie* ce cadre de poussée a été supprimé, ce qui fait gagner plus de 100 kg de force ascensionnelle. M. Julliot a en effet estimé que la rigidité de la suspension était assez grande pour permettre de s'en passer.

Digitized by Google

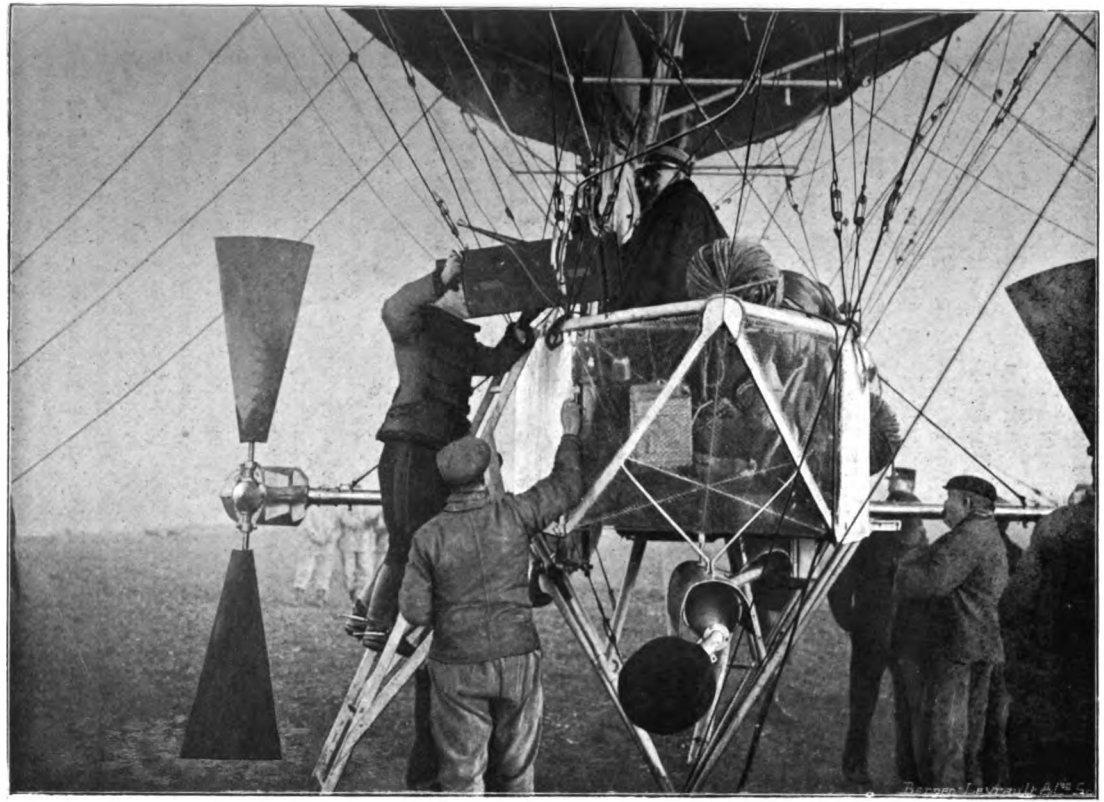


Fig. 61. — Arrière de la nacelle. Chargement de l'appareil téléphotographique.

Digitized by Google

action par le moteur. On l'entend à plus de 10 km. ; c'est un précieux moyen de correspondre au son lorsque l'éloignement, la brume ou la nuit ne permettent pas de le faire au moyen de signaux à la vue.

Le lest est constitué par du sable ou de la terre en sacs de 5 et 10 kg, placés de façon qu'on puisse les compter à tout moment très facilement et savoir ainsi de quoi on dispose. Un entonnoir et un tuyau descendant sous la nacelle permettent de jeter ce lest sans qu'il puisse en tomber dans le moteur.

Deux trapèzes fixes, à une hauteur suffisante au-dessus de la nacelle, permettraient aux aéronautes de se suspendre par les bras et d'éviter ainsi un choc violent sur les jambes, dans le cas où on aurait à craindre que la nacelle ne touche trop brusquement le sol [1].

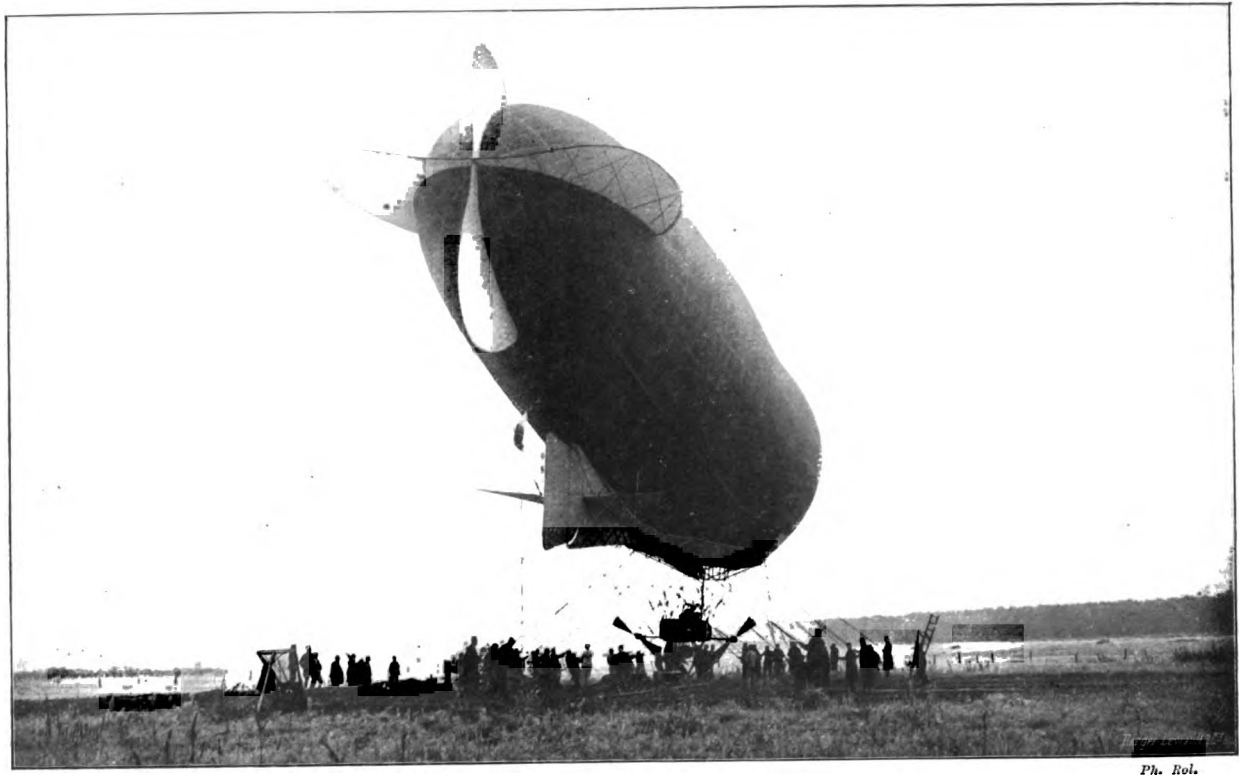
Dans un coin se trouvent deux extincteurs d'incendie, une réserve d'huile, une réserve d'eau, une boîte d'outils et pièces de rechange, une cage à pigeons, etc.

A l'avant la nacelle porte, dans le jour, un appareil photographique de Gaumont, qui est à volonté automatique et périodique, ou manœuvrable à la main. Il peut se placer verticalement ou incliné.

Le ballon a été organisé pour marcher la nuit, ce qu'il a fait plusieurs fois. Il a été, à cet effet, muni d'un système d'éclairage à trois degrés : l'aéronaute et le mécanicien portent des lampes électriques de poche pour l'examen détaillé des pièces rapprochées; une petite dynamo, mue par le moteur, éclaire des lampes de 10 à 100 bougies, qui permettent de distinguer l'ensemble des agrès. Enfin, de nuit, l'appareil photographique est remplacé par un phare projecteur à acétylène dissous, de un million de bougies, à l'aide duquel on peut voir les obstacles, collines ou monuments, sur lesquels on pourrait avoir à craindre de se jeter quand on est près de terre; il permet d'étudier telle ou telle partie du sol, etc. Cet appareil peut s'éteindre ou se mettre en veilleuse quand les aéronautes n'en ont pas besoin ou ne veulent pas se faire voir; il forme, avec ses réservoirs d'acétylène et d'oxygène, un ensemble

1. Ce détail est dû à l'aéronaute M. de Fonvielle.

Digitized by Google



Ph. Rol.

Fig. 62. — La poupe du dirigeable *Patrie*.

Digitized by Google

autonome, qui peut se jeter en coupant une cordelette, s'il donne le moindre signe de dérangement.

La nacelle porte comme engins d'arrêt : une ancre, deux guide-rope et un serpent.

L'ancre est amarrée à la pointe avant de la carcasse par une courte corde; elle n'a jamais servi; elle est surtout destinée à arrêter le ballon pointe au vent, s'il était désemparé et devenu le jouet des vents dans un endroit désert.

Les deux guide-rope, ou grandes cordes, ne sont jamais à la traîne, c'est-à-dire qu'ils sont toujours enroulés en cours d'ascension; on en jette un ou deux à terre au moment de l'atterrissage, afin que les gens qui voient arriver le ballon aient une prise pour l'amener au sol et le retenir contre la poussée du vent dès qu'on arrête le moteur.

Le serpent est un guide-rope très lourd (50 kg) et très court (7 m.), amarré au bout d'une corde de 50 m. de long; on le jette à l'atterrissage lorsqu'on n'est pas sûr que les gens de terre pourront prendre le ballon à temps. Il stabilise le ballon à une quarantaine de mètres du sol, et on peut se laisser aller au vent jusqu'à ce que le moteur soit remis en route ou que le ballon soit saisi sans crainte de heurter des arbres ou des maisons; le dirigeable ne l'avait pas encore le jour où il a été déchiré à Chalais [1].

Il y a dans la nacelle des piquets d'arrêt, tubes pointus qui permettent de fixer l'appareil au sol et de le camper après l'atterrissage dans les voyages par escales avec campements sans abris.

Enfin, le dirigeable porte un dernier objet, c'est le Drapeau, le Drapeau français, qui a été posé le jour de la première ascension et qui, depuis, a fait toutes les autres.

En résumé, les principales caractéristiques du *Lebaudy,* les particularités essentielles, grâce auxquelles M. Julliot a pu si bien réussir, sont les suivantes :

1° Avant tout l'emploi des quatre espèces de plans

1. Le rôle stabilisateur d'un guide-rope lourd est le suivant : dès qu'il est jeté à terre, il empêche le ballon de monter et de descendre, à condition que la force ascensionnelle soit maintenue au-dessous du poids de ce guide-rope. Supposons un ballon qui descend vers la terre, avec un excès de poids de 20 kg, par exemple, sur la force ascensionnelle; dès que le guide-rope de 50 kg s'appuie sur le sol, il déleste le ballon d'autant. Le ballon ayant maintenant une force ascensionnelle de 30 kg, remonte, mais ne peut le faire que jusqu'à la limite de la longueur de la corde, car cette force ascensionnelle est insuffisante pour lui permettre de soulever le guide-rope.

Digitized by Google

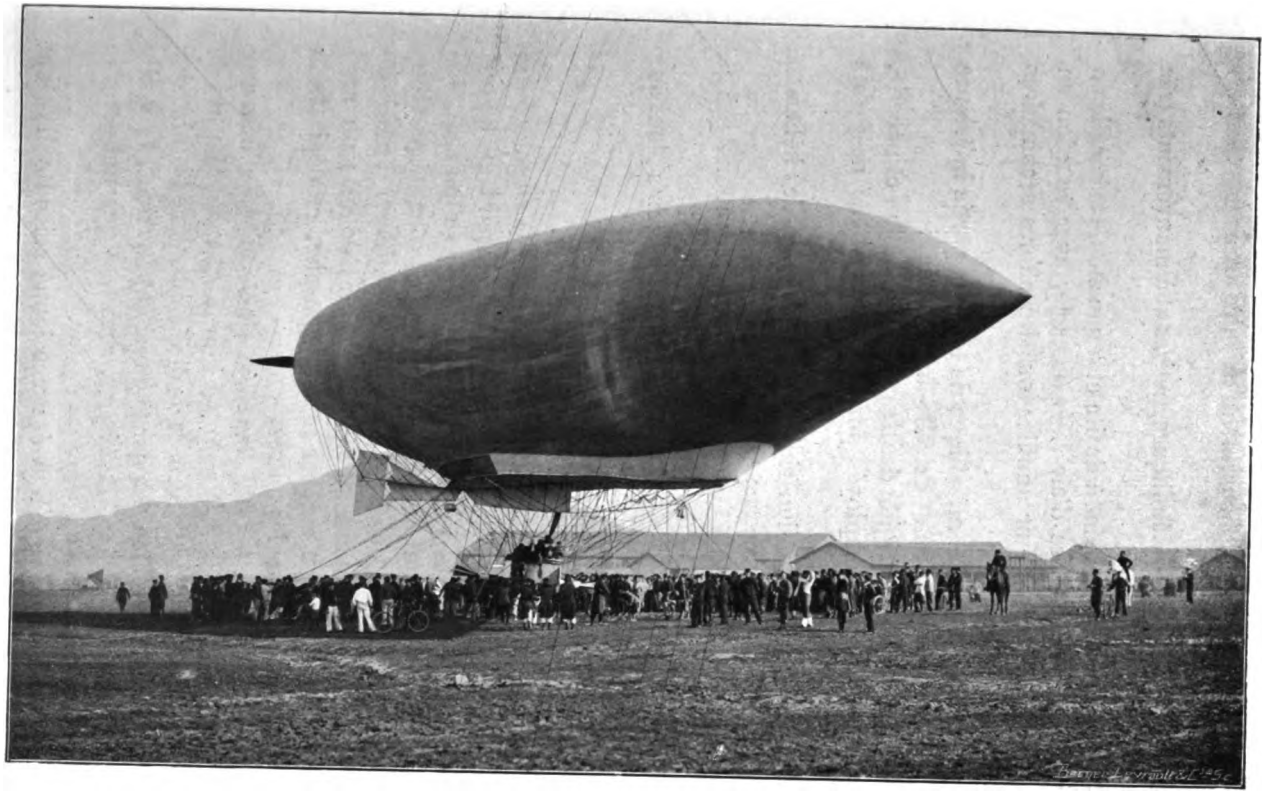


Fig. 63. — Le *Lebaudy* prêt à ascensionner.

Digitized by Google

stabilisateurs, soigneusement calculés et ayant tous un rôle spécial ;

2° Les hélices métalliques, petites et à mouvements très rapi les ;

3° Leur placement à droite et à gauche de la nacelle en face d'un cylindre d'air sans obstacle, avec rotation en sens contraire pour annuler tous les efforts secondaires non voulus ;

4° Le caractère métallique de toute la partie inférieure de la construction et de celle-là seulement ;

5° La liaison rigide des deux parties, ballon et nacelle, et les moyens employés pour que le système ne forme qu'un bloc ;

6° La transmission rigide de la poussée des hélices à l'avant de la carcasse ;

7° La nature de l'enveloppe et les précautions prises pour assurer la conservation de ses qualités ;

8° Le mode ingénieux d'attache des différents plans sur l'enveloppe ;

9° La béquille d'atterrissage ;

Etc., etc.

Mais le caractère le plus essentiel réside surtout dans l'ensemble, dans la combinaison générale par laquelle ont été rassemblés, juxtaposés, sans qu'ils se nuisent, les organes donnant la solution de chaque difficulté particulière ; il réside aussi dans la façon scientifique et pratique dont M. Julliot a su réussir tous les détails ; un seul manqué eût pu amener une catastrophe, en dépit de la réussite de tous les autres.

C'est grâce à cette heureuse combinaison d'heureux moyens, que le *Lebaudy* a, non seulement battu de beaucoup tous les records de dirigeables, mais atteint des résultats que bien des gens compétents avaient, la veille encore, déclarés chimériques, résultats que nul dans le monde entier n'a encore pu égaler.

A la fin de 1905 il avait ascensionné soixante-dix-neuf

Digitized by Google

fois, sans aucun accident de personne, sans aucune panne au cours de ses ascensions, à part un incident de ventilateur sans gravité dans les débuts. Chaque ascension, sauf ce jour-là, s'est terminée soit au point de départ, soit à un endroit fixé d'avance, après avoir parcouru exactement l'itinéraire déterminé, et passé exactement au-dessus des points voulus.

Cet aéronat a pu enlever sans difficulté six personnes avec assez de lest et d'essence pour parcourir plus de 200 km. ; il pourrait dépasser 300 km. avec trois passagers. Il en a parcouru plusieurs fois une centaine d'un seul vol sans consommer la moitié de ses approvisionnements de marche.

Il a eu l'honneur d'emmener à son bord deux dames, deux généraux, un amiral, un ministre.

Il s'est élevé sans difficulté à 1 120 m. au-dessus du point de départ, et n'est pas monté plus haut uniquement parce qu'il n'avait aucun intérêt à le faire.

Il a pu marcher par la grande chaleur, par la gelée, sous la pluie ou sous la neige, enfin en pleine nuit.

Et toutes ces ascensions, il les a faites, non comme les autres dirigeables essayés, en choisissant des circonstances favorables, mais au contraire en recherchant les conditions difficiles afin de mieux se rendre compte de ses moyens.

La vitesse propre à laquelle il a très souvent marché est de 11 m. à la seconde, soit près de 40 km. à l'heure [1]. Il a résisté victorieusement à des vents de tempête.

Il a, en somme, prouvé surabondamment, seul du monde entier, avec sa faculté de déplacement à grande distance, son excellente stabilité, sa remarquable sécurité et sa parfaite dirigeabilité.

---

1. On a même un jour, en poussant le moteur, pu arriver à $11^{m},80$.

Digitized by Google

CHAPITRE V

LES EFFORTS DE L'ÉTRANGER

Nous avons, au début de ce travail, parcouru rapidement les principales étapes de la question de la locomotion aérienne en France, sans parler des tentatives faites à l'étranger.

C'est qu'en effet, comme nous avons déjà eu l'occasion de l'indiquer, l'aérostation est une science essentiellement française. C'est en France qu'elle est née avec les montgolfières, c'est en France que, peu à peu, les Meusnier, les Giffard, les Tissandier, les Renard ont franchi les degrés successifs qui rapprochaient de la solution. C'est en France, enfin, que devait être trouvée la première solution pratique, la seule jusqu'ici, grâce à M. Julliot.

On ne s'est pourtant pas désintéressé absolument, à l'étranger, de la question de la direction des ballons ; mais nulle part on n'a encore pu réussir.

Cela peut s'expliquer de la façon suivante : parmi les inventeurs, les uns n'ont été que de médiocres imitateurs des tentatives faites en France, les autres, en voulant faire acte d'originalité, se sont lancés dans une voie que nous estimons fausse.

C'est principalement sur la question capitale des moyens à employer pour assurer la permanence de la forme des ballons allongés que diffèrent de la méthode française celles auxquelles on s'est attaché, surtout en Angleterre, en Allemagne et en Italie.

En France on a presque toujours cherché à obtenir cette condition par l'emploi du ballonnet à air, indiqué par Meusnier. Les rares dirigeables, qui, chez nous, ont

Digitized by Google

voulu s'en passer, comme le *Giffard,* plusieurs des *Santos-Dumont,* ont payé cette imprudence.

A l'étranger, d'une manière générale, on a répugné à l'emploi de ce précieux moyen, et on a préféré, notamment en Allemagne, ces dernières années, mettre le gaz dans une véritable boîte de métal, ou tendre l'enveloppe du ballon sur une carcasse métallique.

L'idée était ancienne, elle semble avoir été indiquée pour la première fois par Dupuis-Delcourt et Marey-Monge. Depuis, on la retrouve dans certains projets français, tels que ceux de Samson et Prosper Memmer, mais on n'en voit d'exécution, chez nous, que dans l'aéronat mixte de Roze, qui d'ailleurs n'a jamais pu s'enlever.

On a essayé un peu de tous les métaux, cuivre, fer, etc. Depuis l'apparition de l'aluminium, ce métal a, naturellement, eu toute la vogue, mais sans de bien bons résultats.

C'est qu'en effet ces carapaces et ces carcasses rigides, malgré tous les soins et toute l'ingéniosité apportés à leur construction, sont forcément très lourdes, en même temps qu'elles restent extrêmement fragiles. Enfin elles entraînent à des complications considérables pour le gonflement.

En somme, nulle part on n'est arrivé à des résultats comparables, même de loin, à ceux du *Lebaudy.*

Tout le monde se souvient encore des dramatiques ascensions du Brésilien *Sévéro* et du Saxon Bradsky, qui, tous deux, ont voulu venir faire leurs expériences en France.

Le premier avait construit un ballon dont quelques détails étaient assez ingénieux, mais qui péchait par plusieurs gros défauts, prouvant l'imprudence, poussée jusqu'à la naïveté, du malheureux aéronaute. Le principal consistait dans le placement du moteur à explosion à $2^m,50$ à peine de la soupape d'échappement de gaz, de sorte que l'hydrogène, dilaté par la diminution de pres-

Digitized by Google

sion due à la montée de l'aéronat, devait inévitablement, en s'échappant, venir lécher le moteur et s'enflammer à son contact. C'est ce qui se produisit dès la première ascension, le 12 mai 1902 : le ballon éclata au bout d'un quart d'heure, laissant voir une grande flamme, et les deux aéronautes qui le montaient, M. Sévéro et M. Sachet, vinrent se broyer sur le sol de l'avenue du Maine.

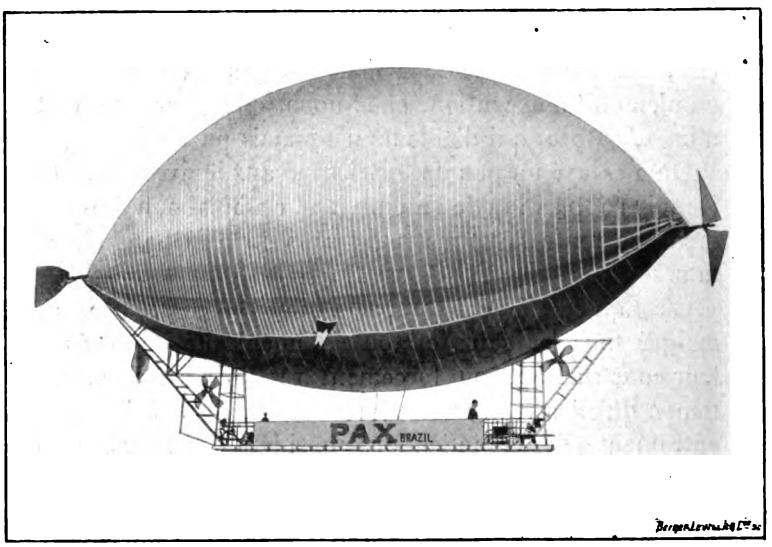


Fig. 64. — Le dirigeable *Pax* de Sévéro (12 mai 1902).

La même année, M. *von Bradsky* eut le même sort, le 13 octobre, auprès de Saint-Denis. La nacelle s'était séparée du ballon. Celui-ci n'avait pas de ballonnet pour maintenir la pression intérieure. D'après l'examen des débris il semble que, très probablement, dans le virage, pendant lequel se produisit l'accident, le ballon, dont la forme était ainsi insuffisamment assurée, eut un effort de torsion ; les fils d'acier de la suspension, mal arrimés, se

Digitized by Google

rompirent, précipitant à terre la nacelle et les aéronautes pendant que le ballon lui-même s'enfuyait sans entraves.

Ces deux catastrophes prouvent, avec toutes celles qu'on compte à l'étranger, et après les nombreux accidents de M. Santos-Dumont, combien il importe que les inventeurs de dirigeables ne soient pas seulement d'aventureux amateurs de sports, mais soient en même temps

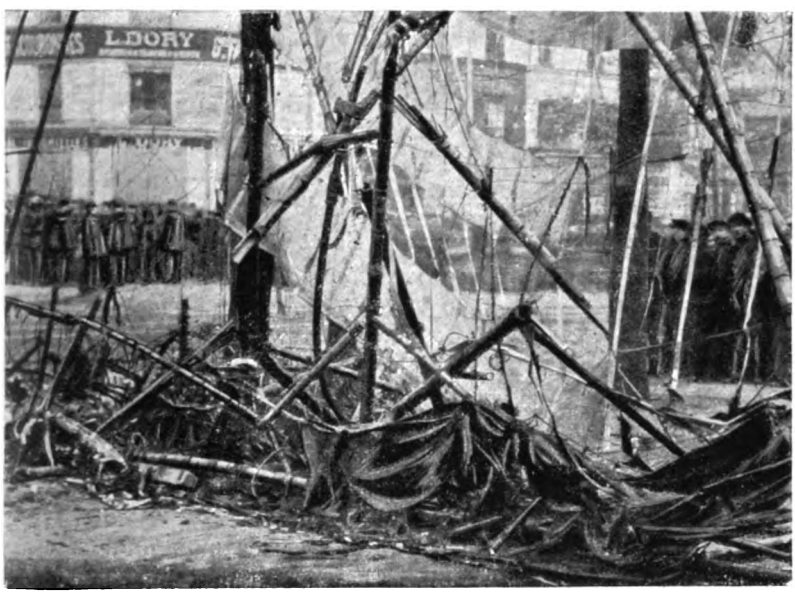


Fig. 65. — La fin du *Pax* (12 mai 1902).

des esprits méthodiques et scientifiques, sachant profiter de l'expérience des autres, doublés ou aidés d'aéronautes expérimentés connaissant à fond les particularités de l'élément aérien.

Pendant ce temps, un peu dans tous les pays, on construisait et on essayait des dirigeables de modèles variés, mais pas beaucoup plus heureux les uns que les autres.

Digitized by Google

En ***Russie,*** le *Rossija,* immense ballon à hélice pour seize personnes, avec moteur de 50 chevaux, ne donnait aucun résultat.

Dans le même pays, *Danilewsky* achève, en ce moment même, la mise au point de deux appareils, qui, tous deux, sont des sortes d'aéronats mixtes : l'un a pour propulseur des ailes battantes mues au moyen de pédales, à la façon des roues d'une bicyclette. L'autre se compose d'un aéroplane à plans très inclinés, fixé au-dessous d'un ballon allongé, dont l'axe, au lieu d'être horizontal, est vertical. Une hélice ascensionnelle, mue elle aussi au moyen de pédales, donne alternativement des mouvements de montée et de descente, que les plans inclinés de l'aéroplane transforment en progression latérale..... insignifiante. On voit combien ces appareils sont peu sérieux ! Ils nous ramènent au temps de Scott et de Guillié !

En ***Suisse,*** en avril 1901, *Suter* se portait, à deux reprises, au milieu du lac de Zurich avec un ballon cylindrique terminé à l'avant par un cône, à l'arrière par une calotte sphérique, et dont la propulsion devait être obtenue par deux hélices mues, elles encore, par des pédales. Mais l'appareil refusait obstinément de quitter le bateau qui lui servait de ponton. C'est évidemment par les jambes que l'homme produit le plus facilement le maximum d'efforts dont il est susceptible, mais ce maximum est encore bien loin, comme nous l'avons vu au début, de ce qu'il faut pour propulser un ballon même à une vitesse très faible (1).

En ***Amérique,*** *Benbow* n'a jamais pu s'élever.

Le Californien *Baldwin,* mauvais imitateur de Santos-

---

1. Un calcul approximatif très simple nous le montre. Prenons pour base le *Lebaudy* 1905, auquel 40 chevaux-vapeur donnent une vitesse de 11 m. Un aéronat très petit, d'une surface de résistance moitié moindre, nécessitera, pour marcher à la même vitesse, une force de 20 chevaux-vapeur. Or nos jambes, dans un travail un peu prolongé, ne peuvent pas fournir un travail supérieur à 1/10 de cheval-vapeur, soit 1/200 seulement de ce qu'il faudrait. Si l'aéronaute voulait se contenter d'une vitesse très faible, comme,

Digitized by Google

Dumont, a fait d'abord deux ou trois ascensions par un calme plat, puis, grisé par un tel succès, s'est mis sur les

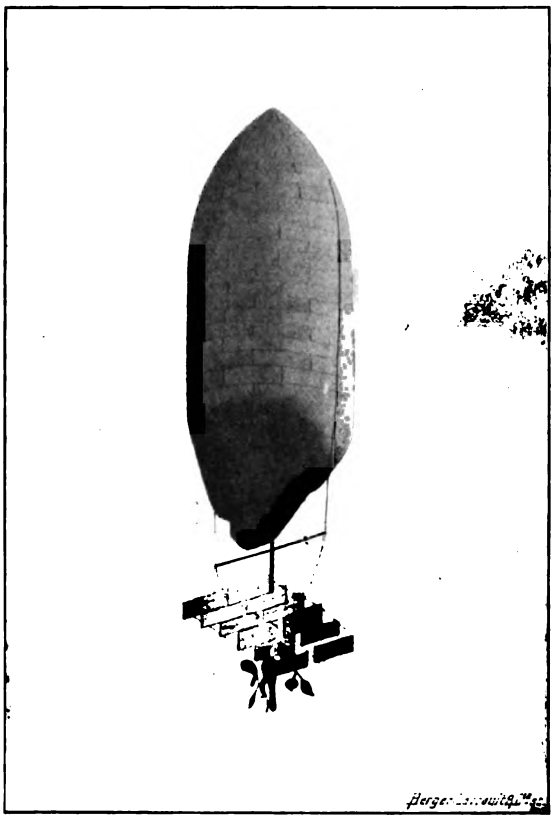


Fig. 66. — Le ballon russe *Danilewsky*.

rangs pour le concours de dirigeables de Saint-Louis,

toutes choses égales d'ailleurs, la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse, il lui suffirait, pour marcher à 5m,50, c'est-à-dire avec un instrument qui ne pourrait fonctionner que par temps très calme, de disposer d'une force de 5 chevaux-vapeur, et il n'en a que le 1/50 ! Ce calcul n'est qu'approximatif, car la forme du ballon, son poids relatif, etc., influent sur ces données, mais il suffit à montrer la folie de tous ceux qui cherchent à résoudre le problème par des systèmes à pédale.

Digitized by Google

auquel il a dû renoncer sans avoir pu une seule fois remplir les modestes conditions exigées. Peu après, ayant voulu faire des essais de jet de projectiles armés, il en a probablement armé un trop tôt et maladroitement; une explosion s'est produite pulvérisant son ballon et lui-même.

Knabenshue emploie comme lui et comme Santos des ballons trop petits, sans plans, à moteurs trop faibles; au moindre vent il est emporté. Son plus beau succès a été un parcours fermé de 4 milles à la vitesse de 6 milles à l'heure (2^m,60 à la seconde)!

Ritchell, lui aussi, avec un ballon à pédales, arrive à des résultats insignifiants et par temps très calme.

Enfin *Lincoln Beachy* a établi un dirigeable qui s'inspire à la fois du *Santos-Dumont* et du *Lebaudy,* et dont on a beaucoup parlé aux États-Unis pendant l'été 1906. Partant d'un terrain voisin de Washington, cet aéronat aurait pu aller atterrir dans le jardin de la Maison-Blanche, sous les yeux de M. Rosevelt, puis repartir et rentrer à son point de départ, mais ce, par un temps remarquablement favorable. D'ailleurs, depuis cette prouesse bien relative, on n'a plus entendu parler de sorties, ce qui laisse supposer qu'on n'était pas en mesure de la renouveler, ni de tenter des expériences de vitesse ou de durée plus concluantes.

En ***Angleterre*** on n'a guère été plus heureux. *Spencer,* excellent professionnel de ballon libre, a voulu, à son tour, copier Santos-Dumont et l'a fait sans succès. Il a exhibé plusieurs fois son aéronat au Cristal-Palace, a pu monter, mais jamais revenir au point de départ. Il a toujours été entraîné par la moindre brise et a fait faillite.

Barton a construit une énorme machine de 5 000 m^3 sous laquelle le bambou a été employé en pièces grosses et lourdes. Il a mis plusieurs moteurs. Il a pu une fois arriver à parcourir, le 22 juillet 1905, 40 km. avec vent

Digitized by Google

favorable, n'ayant qu'une vitesse propre très faible, et n'a pas tardé à se briser à l'atterrissage.

Le colonel *Templar,* directeur du parc aérostatique anglais, a établi un aéronat dont les tâtonnements de construction ont demandé trois ans. Les dimensions et l'organisation générale se rapprochent de celles du *Lebaudy.* Il se serait assez bien comporté aux essais et aurait pu fournir 20 milles anglais (?).

Enfin on a récemment expérimenté un tout petit aéro-

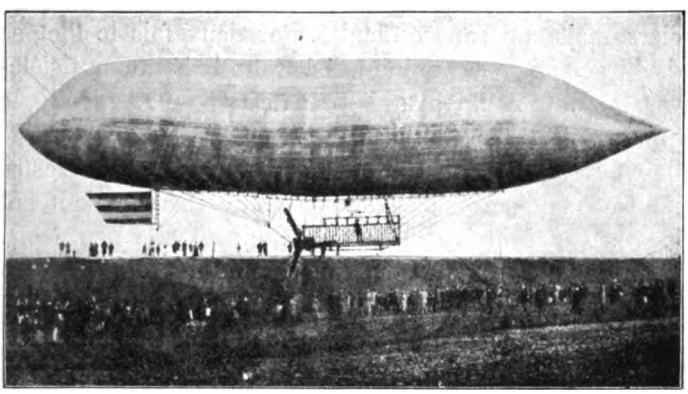


Fig. 67. — Dirigeable allemand *Hænlein* (1872).

nat de 13 m. de long avec un moteur de 6 chevaux, imaginé par un Grec, *Athanasias Marinaki.*

C'est en ***Allemagne,*** après la France, qu'on semble s'être le plus préoccupé de la question des dirigeables.

Hænlein, de Mayence, avait fait breveter en Angleterre, en 1855, un projet d'aéronat comportant un ballonnet compensateur. Le moteur était une machine à gaz empruntant le gaz directement au ballon. Mais ce ne fut qu'en 1872 qu'il construisit son appareil ; il l'essaya en Autriche, mais, mal calculé, trop lourd, celui-ci ne put

Digitized by Google

s'élancer en ascension libre. Le manque de fonds empêcha Hænlein de continuer ses expériences.

En 1897, le docteur *Wœlfert* fonde une société qui lui procure les fonds nécessaires et établit un aéronat allongé, le *Deutschland;* c'est lui qui utilise le premier le moteur à pétrole pour l'aérostation ; son moteur, fabriqué par Daimler, mettait en action deux hélices en aluminium. Le gros défaut de l'appareil était dans la nacelle allongée en bambou qui était plaquée tout contre le ventre du ballon. Les expériences se firent sur le vaste terrain de manœuvre de Tempelhof, à Berlin, devant de nombreux officiers, mais non sans difficulté. Par deux fois le filet se déchira pendant les préparatifs. Enfin le ballon put s'élever. Il monta même jusqu'à près de 1 000 m. Arrivé là, le gouvernail se brisa, puis peu après, on vit une grande flamme suivie d'une effroyable détonation et les restes informes de l'aéronat et des aéronautes s'abîmaient sur le sol. Il était arrivé un accident bien facile à prévoir, identique à celui qui, cinq années plus tard, devait arriver à Sévéro, et qui ne devait pas suffire pour montrer à ce dernier la nécessité d'écarter le moteur du ballon.

Dès 1893, l'Autrichien *David Schwarz* avait dressé les plans d'un ballon en aluminium. Cinq ans après il put en commencer la construction à l'établissement d'aérostation militaire de Tempelhof. Le ballon était cylindrique, de 41 m. de long sur 14 de diamètre, avec un cube de 2 600 m. Il possédait un moteur en aluminium à essence de pétrole qui devait faire tourner trois hélices propulsives et une ascensionnelle. Mais Schwarz mourut avant d'avoir pu terminer la construction. Son œuvre dut être achevée par sa veuve et quelques officiers allemands. Le 3 novembre 1898, ils sortaient enfin l'aéronat. Le gonflement ou plutôt le remplacement de l'air par le gaz, opération fort délicate dans les ballons à carcasse, qui ne peuvent naturellement jamais être vides, avait été fait d'une façon ingénieuse au moyen d'un ballon d'étoffe

Digitized by Google

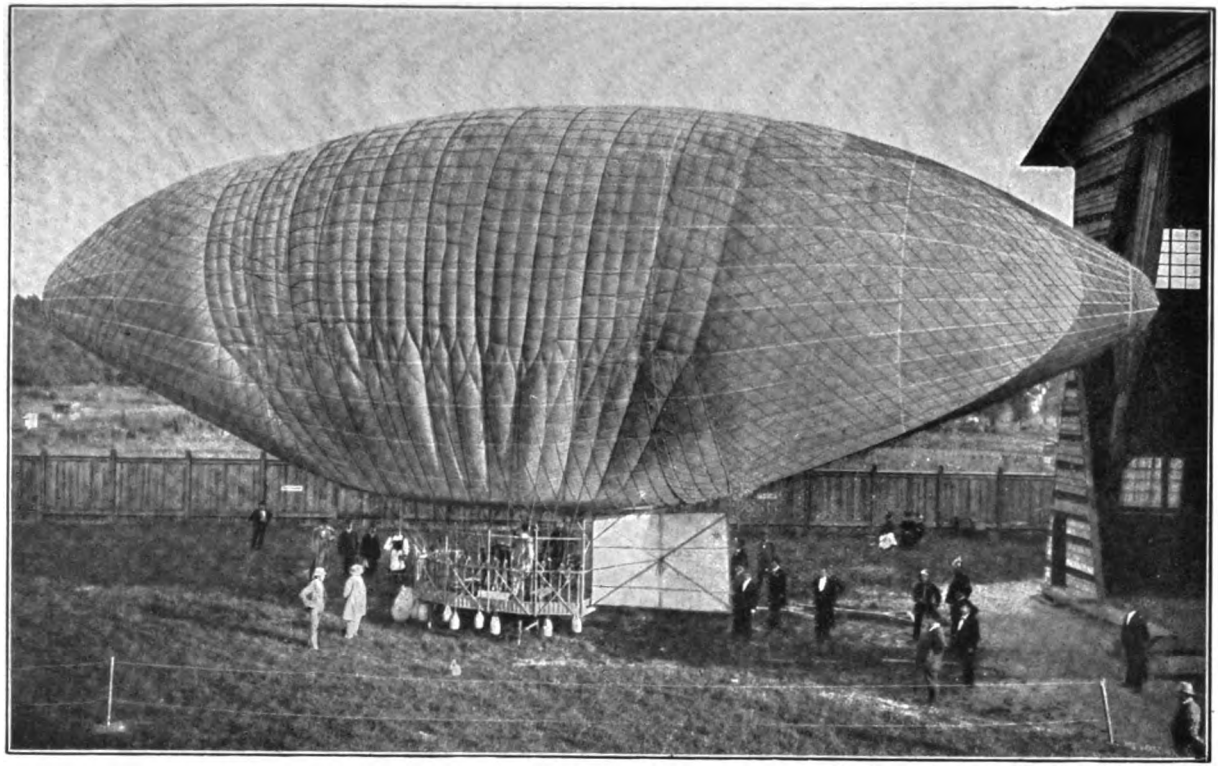


Fig. 68. — Le dirigeable allemand *Deutschland* de Wœlfert (1897).
(Premier aéronat à moteur à essence de pétrole.)

Digitized by Google

placé à l'intérieur et que l'on déchiquetait pour pouvoir l'enlever ensuite, morceau par morceau, par un trou inférieur.

L'appareil, monté par un jeune mécanicien, inexpérimenté comme aéronaute, fut alors délesté et s'enleva. Mais lorsque le mécanicien mit le moteur en marche, on

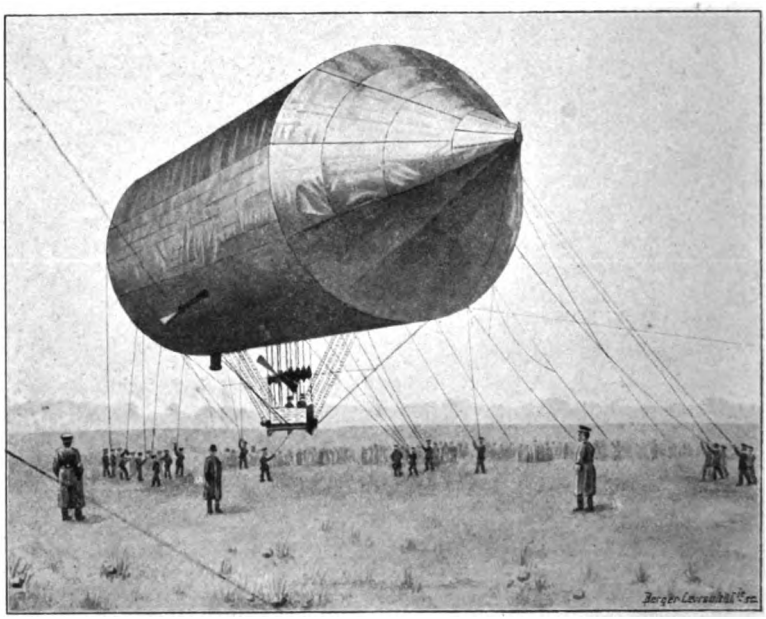


Fig. 69. — Le dirigeable allemand *Schwarz* à enveloppe métallique (1898).

ne sait pourquoi, l'aéronat ne fut pas du tout propulsé dans le sens voulu ; le moteur ne tarda d'ailleurs pas à s'arrêter. Pressentant un accident, l'aéronaute voulut descendre, mais le fit avec trop de précipitation et brisa tout contre terre.

Cet aéronat à carcasse, s'il n'avait pas eu la possibilité de prouver d'autres qualités, avait du moins pu s'enlever. Il contribua donc à mettre en faveur la méthode allemande

Digitized by Google

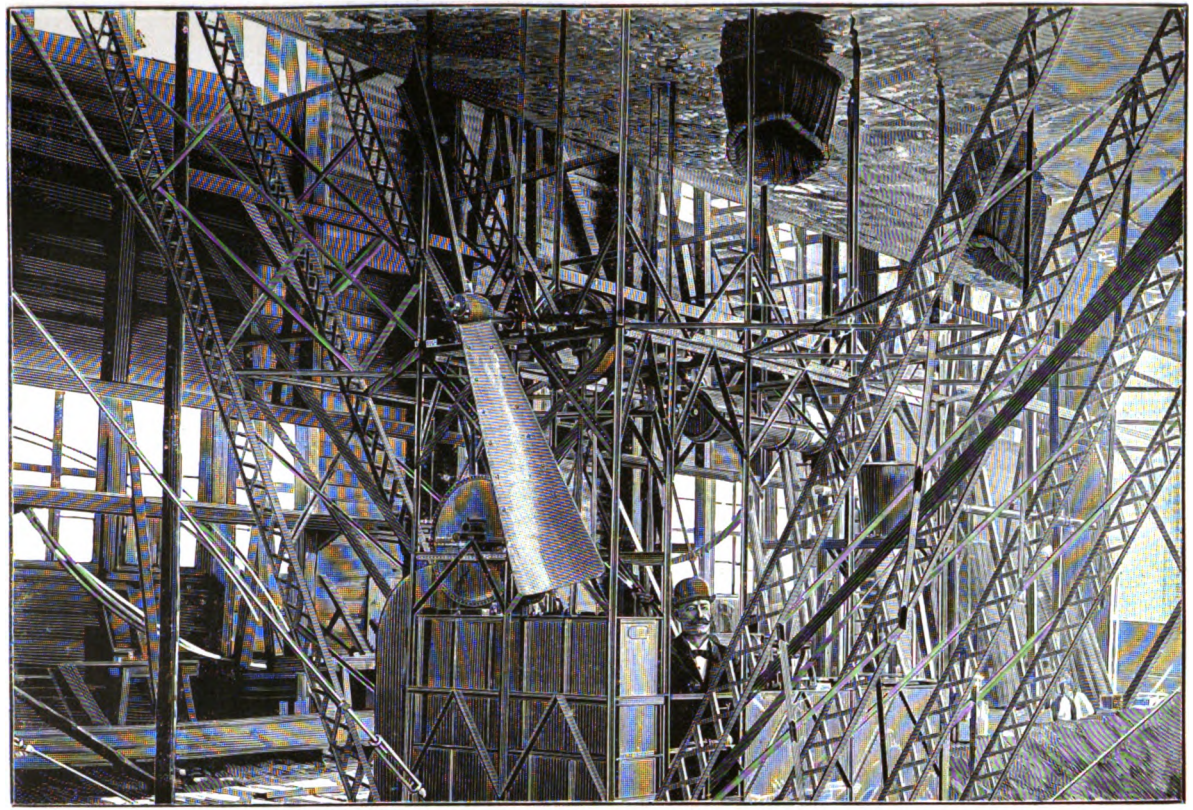


Fig. 70. — La nacelle en aluminium du *Schwarz*.

Digitized by Google

soutenue par la plupart des théoriciens d'outre-Rhin, et à amener l'éclosion du fameux instrument de Zeppelin, qui mérite seul d'être signalé, au milieu de nombreux projets et essais sans valeur faits à la même époque.

Le général bavarois comte *Zeppelin* avait, depuis 1898, dressé des plans et fait des expériences, assez peu concluantes d'ailleurs, dans lesquelles il avait mangé toute sa fortune. Il rêvait d'un immense vaisseau aérien capable de tenir les airs des semaines entières et de faire des milliers de kilomètres d'un trait. Enfin, en 1900, une souscription nationale de près d'un million, à laquelle s'intéressèrent les plus hautes personnalités, telles que l'Empereur et le roi de Wurtemberg, lui permirent de mettre ses projets à exécution.

Le *Zeppelin* n° 1 était un immense cylindre de 128 m. de long et 12 de diamètre, ou plutôt une succession de seize cylindres accolés, constituant compartiments ou ballons distincts. Le tout était formé par des étoffes imperméables tendues sur une sorte de carcasse de poutrelles et de treillis de fils d'aluminium. Le volume total était de 11 300 m³, et le poids de 10 400 kg, ce qui devait laisser un disponible de 900 kg. Ce ballon devait soulever deux nacelles distinctes reliées par un circuit électrique, contenant chacune un moteur Daimler de 16 chevaux.

Les essais eurent lieu les 2 juillet, 17 et 21 octobre 1900, sur le lac de Constance, sur lequel avait été installé le hangar. Les journaux les relatèrent comme « encourageants ». On prétendit avoir pu obtenir une vitesse de 7 m. à la seconde et avoir pu décrire dans les airs plusieurs courbes fermées. En tous cas, après un certain nombre d'avaries de détail, on dut remiser l'aéronat et procéder à la construction d'un nouvel instrument un peu plus petit, plus solide et mieux équilibré.

Le *Zeppelin* n° 2, tout à fait analogue au précédent, mesurait 126^{m},75 de long sur 11^{m},70 de diamètre, ce qui lui donnait un volume de 10 396 m³. On avait placé dans

Digitized by Google

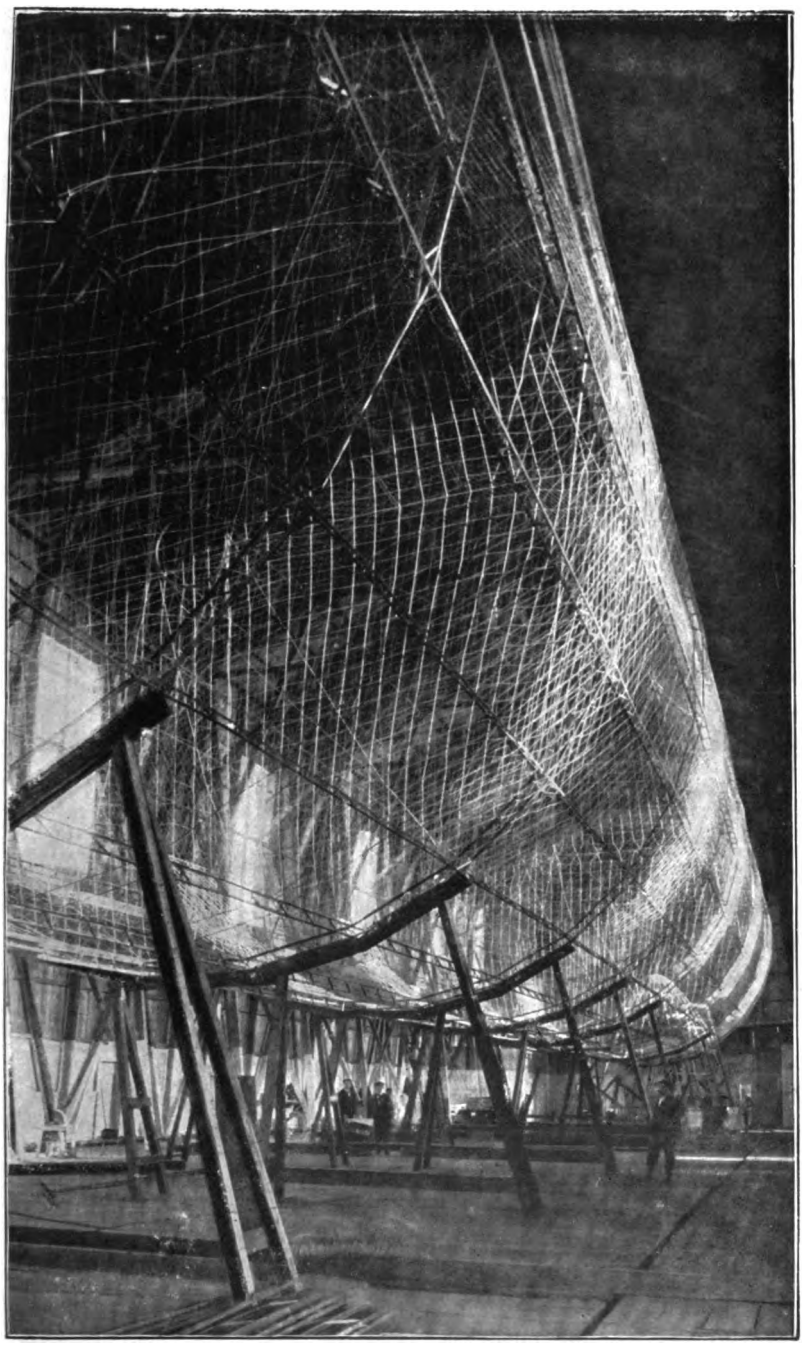


Fig. 71. — La carcasse en aluminium du *Zeppelin* (1900).

Digitized by Google

deux nacelles en aluminium deux moteurs Daimler d'une force de 85 chevaux chacun. Cette force était considérable par rapport à la surface de section ; on pouvait donc espérer une vitesse de marche effrayante [1].

La première sortie eut lieu le 30 novembre 1905. Voici ce qu'en dit le rapport officiel du général Zeppelin :

Rapport

sur la sortie de mon aéronat à la date du 30 novembre 1905

Pour sortir l'aéronat du hangar et permettre le départ, il a été prévu un radeau en deux parties entre lesquelles était ménagé un espace libre pour le passage des nacelles.

C'est amarré solidement à ce radeau que l'aéronat devait être emmené au large du lac et que le « lâchez tout » devait être prononcé avec la pointe au vent, pour commencer l'ascension.

Le niveau du lac ayant baissé rapidement on n'a pas pu se servir du radeau le 30 novembre. Les dispositifs employés pour le remplacer ne se sont pas montrés suffisants pour sortir et rentrer commodément l'aéronat.

Deux pontons, amarrés à des rails, au fond du lac, ont maintenu l'aéronat dans le prolongement du hangar jusqu'à ce qu'il en soit complètement sorti. Il n'y avait plus alors qu'à le remorquer au moyen d'un bateau à vapeur au large du lac. Le vent venant du large entraînait le ballon à une vitesse supérieure à celle du bateau, en sorte que celui-ci dut lâcher prise.

Par suite d'un nœud, la corde resta suspendue au ballon tendant ainsi à faire baisser la pointe et à le retenir. En même temps le vent vint soulever l'arrière puis l'avant, malgré une surcharge d'environ 155 kg.

Comme il n'y avait pas encore de mouvement propre, l'aéronat ne pouvait pas se diriger et vint piquer de la pointe dans l'eau lors de la mise en mouvement des deux hélices d'arrière, à la suite de quoi le gouvernail à direction verticale se trouva mis hors d'usage.

Pour faire descendre l'arrière jusqu'à la surface de l'eau, il fallut lâcher une quantité de gaz considérable.

---

1. 170 chevaux pour 113 m² de surface de section, soit 1ch,5 par mètre carré, tandis que le *Lebaudy* 1905 marche à 11 m. à la seconde avec 0ch,51 par mètre.

Digitized by Google

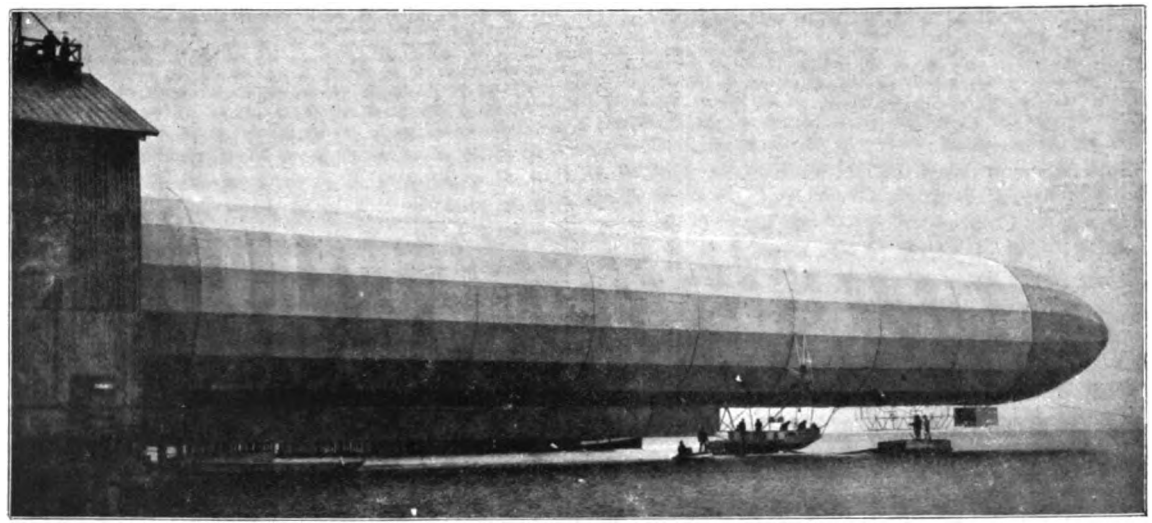


Fig. 72. — Le dirigeable *Zeppelin* sortant de son hangar flottant (1900).

Digitized by Google

Après ces préliminaires le ballon gagnant rapidement le rivage suisse, les expériences ultérieures devenaient impossibles. Le remorqueur, appelé, ramena le ballon jusqu'au hangar, dans lequel la rentrée se fit encore plus difficilement que la sortie, en raison de l'absence du radeau.

Frederickshafen, 2 décembre 1905.

Comte ZEPPELIN.

Six semaines après, on tentait une nouvelle sortie. Cette fois le niveau de l'eau avait monté et on pouvait se servir du radeau. Amené au milieu du lac, le ballon s'élève et parvient à 500 m. d'altitude environ, puis il se meut quelques instants avec une grande vitesse propre, disent les gazettes allemandes, sans préciser autrement. Des témoins oculaires affirment que, pendant ce court travail, il éprouvait un mouvement de tangage important. Bientôt on s'aperçoit que l'aéronat est désemparé, les deux moteurs ont des avaries, le gouvernail se tord. Le vent l'emmène au-dessus de Raverasburg, Kisslegg et Sommerstadt ; il est temps d'atterrir, il est même déjà trop tard, car on est sur territoire suisse. L'atterrissage a lieu à Allgaen ; le sol est gelé, les ancres ne prennent pas et l'appareil vient se briser contre les arbres. La nuit suivante, un orage a sur lui de tels effets de déformation, que, furieux, le comte Zeppelin en ordonna la destruction.

Malgré cet insuccès, le général Zeppelin ne se découragea pas : aidé de l'appui moral et matériel de hautes personnalités, il parvint à trouver de nouveaux fonds et à construire, en 1906, un troisième vaisseau aérien à carcasse.

Le *Zeppelin* n° 3 est encore plus grand que les précédents : il cube 12 000 m³ ! En dehors de ce point, il n'en diffère que par diverses modifications, dont la principale est l'adjonction de plans stabilisateurs inspirés de ceux du *Lebaudy*. On aperçoit à l'arrière deux grands

Digitized by Google

plans horizontaux et en dessous du ballon une longue arête verticale, entre les deux nacelles.

Les sorties du nouvel aéronat, commencées les 9 et 10 octobre, ont été plus heureuses que celles de ses aînés. Il a, paraît-il, pu monter à 800 m., parcourir une cinquantaine de kilomètres et revenir au garage, à une vitesse, affirme-t-on, assez grande, mais sur laquelle on

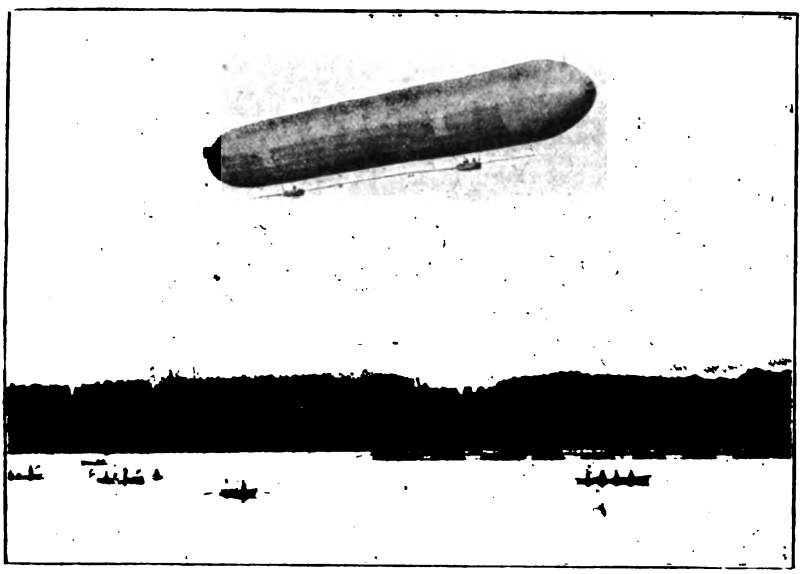


Fig. 73. — Le dirigeable allemand *Zeppelin* évoluant au-dessus du lac de Constance.

n'a pas de données exactes. D'ailleurs, le manque de stabilité des numéros 1 et 2 étant vraisemblablement la principale des raisons pour lesquelles ces dirigeables n'ont pas pu profiter de la force énorme de leur moteur, il est probable que l'adoption des plans d'empennage permettra de filer à une certaine vitesse.

En tous cas, les premiers succès du *Zeppelin* n° 3 ré-

Digitized by Google

chauffent l'ardeur de tous ceux, nombreux en Allemagne, qui croient fermement à l'avenir des ballons à carcasse.

Ils prétendent que, si les ballons à enveloppe de tissu peuvent fonctionner convenablement avec des vitesses moyennes, ils ne permettront jamais de très grandes vitesses, car ils seront exposés à se télescoper dès qu'on dépassera 13 à 14 m. à la seconde, attendu qu'on ne peut songer, soutiennent-ils, à donner au gaz une pression assez grande pour résister aux efforts de la marche rapide.

L'avenir seul en décidera.

Il est très possible que le *Zeppelin* n° 3 fournisse une solution de la question de la navigation aérienne, mais, tout en rendant hommage à l'énergie, à la ténacité si méritoire, et à la valeur des calculs de l'inventeur, nous estimons que de semblables ballons à carcasse rigide ne constitueront jamais une solution pratique, que ces mastodontes ne deviendront jamais des engins susceptibles d'être utilisés en campagne. Cette colossale machine est horriblement encombrante et d'un maniement pour ainsi dire impossible. En outre, elle est, comme les nombreuses avaries des nos 1 et 2 l'ont prouvé, extrêmement fragile. Cela est tellement vrai qu'on ne peut ni effectuer le départ, ni atterrir sur le sol ferme : il faut un lac à surface très calme et des circonstances atmosphériques très favorables. Que peut-on attendre d'un appareil aérien de ce genre, sinon une dispendieuse curiosité scientifique ?

Et ces graves défauts tiennent, non à des imperfections susceptibles d'amélioration, mais au principe même du ballon à carcasse : inévitablement très lourd, cet engin ne peut trouver de remède au poids que par la dimension, comme nous le verrons plus loin (chap. VI).

Bref, le succès relatif des ascensions du *Zeppelin* n° 3 ne prouve nullement que les ballons métalliques doivent détrôner un jour les ballons à enveloppe souple.

Digitized by Google

Quoi qu'il en soit, l'opinion avait été cruellement frappée, à Berlin, en 1905, par l'échec complet du *Zeppelin* n° 2, et bien des gens en avaient retiré la conviction qu'on avait fait fausse route.

Cet échec avait été d'autant plus sensible à nos voisins qu'il était survenu deux mois et demi après l'ascension du ministre de la guerre français à bord du *Lebaudy*, après les soixante-quinze ascensions merveilleusement réussies de ce dirigeable, même les premières, et quelques semaines après sa remise, à Toul, aux autorités militaires, enfin quelques jours après la commande, par le gouvernement français, d'un nouveau dirigeable *Lebaudy*.

L'empereur d'Allemagne, sentant très bien quelle infériorité donnerait à son pays, en cas de guerre contre la France, l'absence d'engins analogues à ceux que nous possédions désormais, se préoccupa personnellement beaucoup de la question; voulant à toute force faire rattraper le temps perdu, il nomma un comité d'études de la direction des ballons érigé en société, dans lequel il réunit les personnalités les plus compétentes du monde industriel, de la haute finance, de l'armée et de la marine. Un capital initial de un million de marks (1 250 000 fr.) était mis à sa disposition.

Le premier acte du directeur de cette société, M. von Kehler, ancien officier d'aérostiers, a été de venir à Paris, en septembre 1906, s'entretenir avec les principaux aéronautes français et en particulier avec M. Julliot. Après quelques compliments, il lui a demandé s'il consentirait à lui construire un dirigeable du type du *Lebaudy*, pour des usages sportifs (?), faisant comprendre que le million de marks dont disposait la société pourrait être, au besoin, consacré à cette commande! M. Julliot s'est empressé de prier l'étrange solliciteur de s'adresser par lettre à MM. Lebaudy, à l'usine desquels il est attaché.

Digitized by Google

Le lendemain, ces messieurs recevaient la lettre suivante :

28 septembre 1906.

Messieurs Paul et Pierre Lebaudy.

Messieurs,

Comme vous le savez, il s'est formé à Berlin une société nommée *Motorluftschiff-Studiengesellschaft,* dont je suis le directeur.

Le but prochain de notre société est d'acquérir des *Motorballons* pour donner aux membres l'occasion d'aller en *Motorballons,* et pour fonder peut-être plus tard un club de sport. Pour cela, il nous faut avoir un *Motorballon* d'un type qui a déjà fait ses preuves. Comme nous le savons, c'est votre ballon dirigeable qui a montré jusqu'à maintenant le meilleur effet.

Je suis chargé de vous demander dans quelles conditions il vous serait possible de livrer un ballon dirigeable, comme le « Jaune », pour notre société, si toutefois vous n'y voyez aucun inconvénient.

Veuillez...

Richard von Kehler.

Mais nos industriels ont le cœur français, et sont incapables de se laisser tenter par des offres éblouissantes, et, sous prétexte de sport, de livrer des armes à des puissances étrangères. La réponse ne se fit pas attendre :

Paris, le 29 septembre 1906.

A M. R. von Kehler, directeur de la *Motorluftschiff-Studiengesellschaft.*

Monsieur,

Nous avons reçu votre lettre du 28 courant, et nous vous informons que nous ne pouvons, à notre grand regret, construire le ballon dirigeable dont vous nous entretenez.

Veuillez...

Lebaudy frères.

L'Allemagne sera donc obligée de se contenter de ses propres moyens.

Elle possède un homme de haute valeur en matière d'aérostation, le major *de Parseval,* du 3e régiment bavarois, le créateur des *Drachen-Ballons,* les très ingé-

Digitized by Google

nieux ballons captifs du service de l'aérostation militaire allemande[1].

Depuis deux ou trois ans, cet éminent officier s'était attaché silencieusement au problème qui devenait d'une actualité brûlante. Il étudia le *Lebaudy* et s'empressa de dresser les plans d'un aéronat basé sur les mêmes principes généraux quoique appliqués d'une façon un peu différente et qu'il mit en chantier à la fin de 1904. Les quelques essais faits en 1905 lui ayant donné des résultats médiocres, il apporta quelques modifications. Enfin, depuis le mois de mai 1906, il procède à des essais qui, tout en révélant encore de nombreuses défectuosités de détail et malgré plusieurs accidents, semblent avoir donné des résultats relativement encourageants, bien qu'il n'ait pu jusqu'ici faire preuve ni de fond ni de vitesse.

Le major de Parseval a adopté le principe du ballon à ballonnet compensateur; il en a même mis deux, placés à chaque extrémité et ayant pour but, en plus du maintien de la forme, de donner à l'aéronat une inclinaison susceptible de déterminer des mouvements d'ascension ou de descente.

« Cette préoccupation de se ménager les moyens de changer l'inclinaison de l'axe en cours de route, écrit le colonel Espitallier, hante souvent les constructeurs de ballons dirigeables, surtout à leurs débuts. M. Santos-Dumont, dans quelques-uns de ses appareils, espérait y parvenir par le déplacement d'un poids additionnel le long d'un câble. Le comte von Zeppelin a usé d'un artifice analogue. A la vérité, s'il est nécessaire de régler l'inclinaison du système au départ, il est particulièrement aléatoire de chercher une manœuvre de ce genre en opé-

1. Ces ballons, de forme bizarre, munis de ballonnets automatiques, et équilibrés dans le vent au moyen d'un cerf-volant, sont peut-être les plus perfectionnés qui existent. A dire vrai, ils se comportent en temps ordinaire moins bien que nos simples ballons sphériques, ils sont moins mobiles, mais ils ont l'avantage de pouvoir être employés par des vents plus forts que ceux que peuvent supporter les nôtres.

Digitized by Google

rant en marche. Le pilote a déjà tant de préoccupations diverses, que celle-ci risque de rester sans application pratique. Dans le *Lebaudy,* il est vrai, M. Julliot a introduit des stores déroulables inclinés, qui constituent bien évidemment une manœuvre de ce genre; mais il n'a réalisé ce dispositif que lorsqu'il a été complètement le maître de son ballon[1]. L'action des plans inclinés, en outre, peut être plus strictement jaugée, modérée, supprimée et plus facilement que celle des ballonnets à air. Pour ceux-ci, le renversement de leur effet est aussi lent que leur action même; il peut être paralysé par un accident du ventilateur au moment même où la nécessité s'en ferait sentir le plus vivement. »

On peut en outre se demander si le principe même de cette inclinaison n'est pas vicieux. Nous avons vu combien dangereux étaient les moindres balancements des ballons allongés, et quels efforts on a faits pour les combattre; c'est en grande partie aux moyens employés pour les supprimer complètement que le *Lebaudy* a dû son éclatant succès. N'est-il pas quelque peu téméraire de produire volontairement une semblable inclinaison, et n'y a-t-il pas à craindre qu'elle ne favorise le tangage qu'on a eu tant de mal à éviter?

L'expérience seule nous dira ce qui en est. La tentative du major de Parseval est donc à ce titre fort intéressante.

Il est curieux de remarquer que cette disposition des deux ballonnets ayant pour but de donner au ballon une inclinaison susceptible de déterminer un glissement oblique dans l'air, n'est pas nouvelle. Nous l'avons déjà signalée en parlant du projet Scott de 1789! Il est vrai que Scott (voir p. 17) cherchait à obtenir ce glissement

1. Ajoutons qu'il ne s'en est jamais servi et que ces plans déroulables, ainsi que le petit gouvernail à axe horizontal, ont pour but, non de donner au dirigeable une inclinaison, mais au contraire de le maintenir horizontal lorsqu'une cause quelconque tend à modifier son équilibre.

Digitized by Google

oblique pour transformer les mouvements verticaux en déplacements latéraux, tandis qu'au contraire de Parseval espère employer une partie de la force de résistance de l'air dans les déplacements latéraux pour obtenir des mouvements ascensionnels.

La carène du ballon de Parseval a une forme cylindrique allongée rappelant celle du *Zeppelin*. Elle est

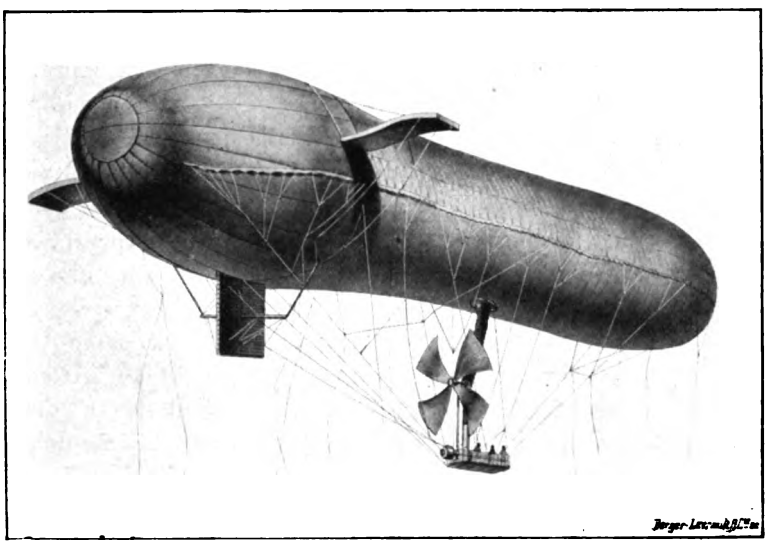


Fig. 74. — Le dirigeable allemand *de Parseval* (1906).

terminée à l'avant par une calotte sphérique, disposition médiocrement favorable aux grandes vitesses, et à l'arrière par un cône ogival.

Le cube du ballon, à enveloppe de soie, est de 2 300 m., la longueur est de 48 m. La nacelle, cage rigide en tubes d'acier étiré avec plancher en aluminium, a la forme d'une barque et peut contenir quatre personnes. Sur le flanc du ballon, à l'arrière, sont fixés deux plans stabili-

Digitized by Google

sateurs horizontaux fixes. Le moteur Daimler, à benzine, développe une force de 90 chevaux sous un poids de 400 kg; il est donc extrêmement puissant. Il fait agir, en même temps que le ventilateur des ballonnets, le propulseur, qui se compose d'une sorte d'hélice à quatre branches, placée au-dessus de la nacelle. Elle présente une particularité curieuse qui rappelle le projet de Carra, le premier projet de dirigeable qui ait été exécuté (1784) depuis l'invention des ballons. Les ailes du propulseur ne sont pas rigides : elles sont formées par des voiles en étoffe, lestées d'un poids à leur extrémité. Lorsque l'hélice tourne, la force centrifuge suffit à raidir ces ailes sur leur cadre d'acier, tandis qu'au repos elles retombent molles et flasques. L'inventeur prétend obtenir ainsi un organe de propulsion particulièrement léger et efficace. Jusqu'à preuve indéniable, il est permis d'en douter. L'avenir nous montrera s'il a eu raison sur ce point.

Les expériences ont eu lieu, partie auprès d'Augsbourg, son lieu de construction, partie auprès de Berlin, sur le polygone de Tegel, le plus souvent devant de nombreux officiers. D'après certains comptes rendus des journaux, le ballon se serait généralement bien comporté; il aurait pu évoluer assez facilement contre des vents de 5 m., mais on ne parle ni de vitesses sérieuses ni d'ascensions prolongées, ce qui laisse supposer que cet aéronat n'est pas en état de les fournir. On prétend seulement qu'il est monté deux fois à 1500 m., ce qui n'est qu'une question de dépense de lest.

La discrétion dont les Allemands entourent leurs expériences empêche de juger de la valeur des résultats obtenus. Toutefois, chez un peuple qui aime tant à exalter, au besoin en les exagérant, ses succès les moins importants, ce silence même semble un indice de la médiocre satisfaction qu'il aurait donnée.

Il faut remarquer en particulier que ce dirigeable a eu

Digitized by Google

plusieurs fois des avaries en cours d'ascension : arrêts du moteur, dérangements du gouvernail, etc.

Cependant le gouvernement allemand, jugeant qu'il était capable de rendre des services à l'armée, vient, en novembre 1906, d'acheter cet aéronat au major Parseval.

Pour terminer, signalons, par curiosité, un essai de dirigeable fait en août 1906, à Emmendingen, près de Fribourg-en-Brisgau. Un négociant badois, nommé *Lœhler,* piqué de la tarentule du dirigeable, avait construit un joli ballon de 200 m³, qu'il gonfla, par économie, avec du gaz d'éclairage et avec lequel il comptait néanmoins faire des prouesses. De nombreux spectateurs et même des délégués officiels assistaient à l'expérience, mais l'aéronat refusa obstinément de quitter le sol. Le pauvre inventeur n'avait même pas pris la peine de calculer que la force ascensionnelle de 200 m. de gaz d'éclairage ne dépasse pas 150 kg, que, dans ces conditions, il y avait peu de chance que cela suffise pour enlever un appareil, qui, avec le moteur et l'aéronaute, en pesait au moins 600 ! Ceci dit uniquement pour montrer jusqu'où peut aller, de nos jours encore, la naïveté de certaines gens et l'ignorance générale des questions de locomotion aérienne !

En tous cas, ce qu'il y a de bien certain, c'est que, non seulement l'Allemagne, malgré tous les efforts faits et tant soutenus en haut lieu, ne nous a pas rejoints en matière de ballons dirigeables, mais qu'elle ne paraît même pas, pour le moment, en voie de réussir.

Jusqu'ici elle a voulu faire œuvre personnelle, espérant arriver à mieux que nous par des moyens plus ou moins différents. Elle n'a rien obtenu qui vaille. Peut-être va-t-elle se décider à copier purement et simplement notre solution. Mais rien ne dit qu'on y arrivera avec succès. Pas plus que les autres pays, nos voisins n'ont pu imiter les merveilleux sous-marins que nous possédons depuis bientôt douze ans ; pas plus que les autres pays ils n'ont

Digitized by Google

pu arriver à établir un frein hydropneumatique de la valeur de celui qui a permis, en 1897, de doter notre artillerie de campagne d'une pièce si parfaite et ils ont dû, huit ans après, se décider à adopter le système doublement bâtard de la transformation de leur canon 1896 avec frein à ressort d'acier. Bien qu'il n'y ait, dans l'établissement de dirigeables comme le *Lebaudy* et la *Patrie*, presque aucun secret, il n'est pas certain du tout qu'on puisse le copier avec assez d'habileté pour que la contrefaçon fonctionne aussi bien que le fameux dirigeable français.

Pour trouver un succès au moins relatif, il faut aller en ***Italie***, seul pays, en dehors de la France, où on ait pu arriver à quelque chose avec l'*Italia* du comte *Almerio da Schio*. Cet instrument mérite donc quelques détails, d'autant plus qu'il comporte diverses particularités originales et intéressantes.

La principale est la manière dont l'inventeur a cherché à résoudre la question de la permanence de la forme : il a donné à son ballon un ventre élastique, d'ailleurs indiqué jadis par Giffard et employé pour les ballons-sondes météorologiques, lequel, suivant les pressions et les températures, se gonfle ou se dégonfle automatiquement.

Le ballon a une forme générale cylindrique, terminée par deux ogives ; avec une longueur de 38 m., et un diamètre de 8 m., il a un cube de 1 208 mètres.

L'enveloppe, en soie italienne, est recouverte, à l'extérieur, d'une poudre d'aluminium, grâce à laquelle on espère réfléchir la lumière et la chaleur et diminuer ainsi les effets des variations de température sur le gaz (1).

Sur les trois quarts de la longueur du ballon est établie une housse d'étoffe, aux bords de laquelle viennent se fixer les câbles d'acier supportant la nacelle et la rendant absolument solidaire du ballon.

---

1. Indication provenant d'un article de M. H. de Parville.

Digitized by Google

La nacelle, de $17^m,60$ de long, à section quadrangulaire, est en tubes d'aluminium sertis de manchons de même métal et de tirants d'acier. Elle est destinée à quatre personnes.

A l'avant est placée une hélice de traction Tatin de $4^m,50$.

A l'arrière se trouvent plusieurs plans : un plan vertical fixe auquel fait suite le gouvernail de $5^m,50$. En

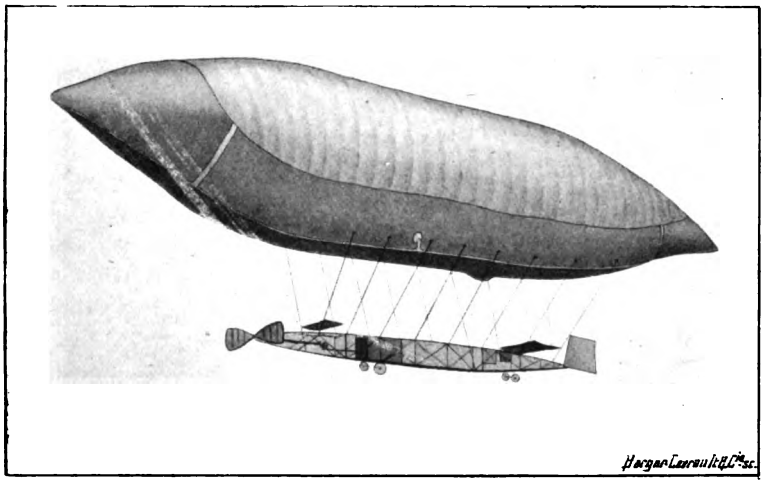


Fig. 75. — Le dirigeable italien *Italia* de Da Schio, à ventre élastique (1905).

dessous deux plans inclinés, à inclinaison variable, de 10 m² de surface, qui jouent un rôle d'aéroplane. Une fois le ballon en marche, c'est grâce à ces plans que l'inventeur espère modifier ou conserver sa situation en altitude.

Les premiers essais ont été faits avec un moteur Buchet de 12 chevaux, qui a ultérieurement été remplacé par un moteur de 40 chevaux.

Dans le courant de l'année 1905 et en 1906, cet aéro-

Digitized by Google

nat a exécuté plusieurs sorties avec retour au point de départ, au cours desquelles il a paru se comporter assez bien, mais il n'a jamais marché qu'à des vitesses réduites, et pendant des temps très courts.

Il semble bien établi dans la plupart de ses détails, mais a un défaut important : le ventre élastique, avec un jeu forcément très limité, a pu donner d'assez bons résultats avec des ascensions courtes ; mais ce système est absolument incompatible avec des voyages de longue durée. Il ne pourra être appliqué qu'à des véhicules aériens de sport, jamais à des instruments à grand rayon d'action.

Signalons aussi en Italie un essai de dirigeable pour lequel l'inventeur *Cardenous* a employé un moteur à gaz ammoniac. Cet instrument n'a d'ailleurs donné de résultats que par un temps absolument calme.

Enfin le capitaine *Frassinetti* a pris l'initiative de la constitution, à Parme, d'une société en vue de la construction et de l'exploitation d'un nouveau type de dirigeable.

On voit, par le rapide coup d'œil que nous venons de jeter autour de nous, combien partout on se préoccupe de la question des ballons dirigeables, surtout depuis que le *Lebaudy* a montré que la question était soluble.

Il serait présomptueux de se figurer qu'on n'arrivera pas, un jour ou l'autre, à faire aussi bien que nous.

Pour conserver l'avance que nous avons su prendre, il suffira que, ce jour-là, nous soyons en mesure de faire... mieux encore.

Digitized by Google

Digitized by Google

AÉRONATS	DATE de la première ascension	NOMBRE D'ASCENSIONS avant le 18 février 1907	BALLON					
			Volume	Longueur	Diamètre maximum	Forme	Surface de résistance	Allongement
			m³	m	m		m²	
Giffard . . . . N° 1 . . .	24 sept. 1852	1	2 500	44	12	Fusiforme.	113	3,
Giffard . . . . N° 2 . . .	1855	1	3 200	70	10	Fusiforme allongé.	76,5	7
Dupuy-de-Lôme	2 févr. 1872	1	3 454	36	14,83	Fusiforme.	172	2,
Tissandier.	8 oct. 1883	2	1 060	28	8,24	Id.	66,5	3,
La France (Renard)	9 août 1884	7	1 864	50,40	8,40	Pisciforme (fusiforme dyssymétrique).	55,4	6
Santos-Dumont. N° 6 . . .	Oct. 1901	»	630	33	6	Fusiforme.	19,26	»
Santos-Dumont. N° 9 . . .	8 mai 1903	»	261	15,12	5,50	Ovoïde.	25,70	2,
Lebaudy (Julliot).	13 nov. 1902	79	2 950	57,75	9,80	Pisciforme.	75,4	5,
Patrie (Julliot).	16 nov. 1906	9	3 150	60	10,30	Id.	83,3	5,
Zeppelin. . . . [Allemagne.] N° 1 . . .	2 juill. 1898	3	11 300	128	11,70	Cylindro-ogival.	107,45	11
Zeppelin. . . . [Allemagne.] N° 2 . . .	30 nov. 1905	2	10 396	126	11,70	Id.	107,45	11
Zeppelin. . . . [Allemagne.] N° 3 . . .	9 oct. 1906	2	12 000	»	»	Id.	»	»
Italia (Da Schio) [Italie] . .	17 juin 1905	»	1 208	39	6	Id.	19,26	6,
Von Parseval [Allemagne].	Mai 1906	8 (?)	2 300	48	8,57	Cylindro-conique	58	5,
De la Vaulx.	30 juin 1906	16	730	32	6,40	Ellipsoïde.	32,15	5
Ville-de-Paris (Surcouf et Kapferer)	11 nov. 1906	1	3 200	62	10,50	Cylindro-conique	86,53	5,

Digitized by Google

TABLEAU COMPARATIF

DES

CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX DIRIGEABLES

Nous avons cru intéressant de réunir en un tableau d'ensemble les données que nous avons pu trouver sur les principaux ballons dirigeables.

Ce tableau permettra de saisir les relations qu'il peut y avoir entre les différents éléments et les résultats obtenus, par exemple de constater que, pour les aéronats *Giffard* n° 1, la *France, Santos-Dumont* n° 9, *Lebaudy, Patrie,* la vitesse obtenue est proportionnelle au carré de la force fournie par unité de surface de résistance. Il est probable que si cette loi ne se vérifie pas pour les autres, cela tient à quelque inexactitude dans les chiffres que nous avons recueillis sur les données ou la vitesse. Les résultats restent évidemment au-dessous du maximum théorique lorsque la mauvaise organisation générale ne permet pas d'utiliser toute la force du moteur comme cela s'est produit par exemple pour le *Zeppelin,* qui, avec la force colossale appliquée à une surface relativement faible, aurait dû pouvoir marcher à 18 mètres.

Digitized by Google

CHAPITRE VI

QUELQUES PRÉVISIONS

Nous avons vu que les dirigeables de M. Julliot nous représentent une solution très bonne du problème de la locomotion aérienne; nous verrons un peu plus loin que, tel qu'il est, cet aéronat est susceptible de rendre de très grands services.

Mais il est évident que tout n'y est pas encore irréprochable, qu'on peut y souhaiter et même y prévoir des améliorations. M. Julliot en a déjà réalisé quelques-unes dans le modèle 1906. Le modèle 1907, dont les plans ont déjà été calculés, sera plus puissant encore.

Il paraît intéressant de se demander dans quel sens s'orienteront vraisemblablement les perfectionnements des futurs dirigeables.

Pour cela, voyons d'abord ce qui manque au *Lebaudy* et à la *Patrie* pour être des instruments absolument parfaits.

On peut reprocher à leurs organes une certaine complication. C'était inévitable pour les premiers véhicules qui aient réellement conquis l'atmosphère. Peu à peu tout se simplifiera, comme cela s'est produit pour l'automobile.

Il en sera de même de la fragilité de ces organes, qui deviendront susceptibles de supporter sans avarie des épreuves comme celles du camp de Châlons.

On trouvera certainement des engins d'amarrage assurant une sécurité plus complète contre les tempêtes dans les installations de fortune.

Certains trouvent que le bruit considérable fait par le

Digitized by Google

moteur et les hélices a des inconvénients. Il est en effet un peu étourdissant pour les passagers, et on ne peut nier qu'un aéronat silencieux pourrait plus facilement se dissimuler dans certains cas.

Le ballon est très sensible aux changements de température : par un temps de nuages interrompus il a dépensé 40 kg de lest en un quart d'heure.

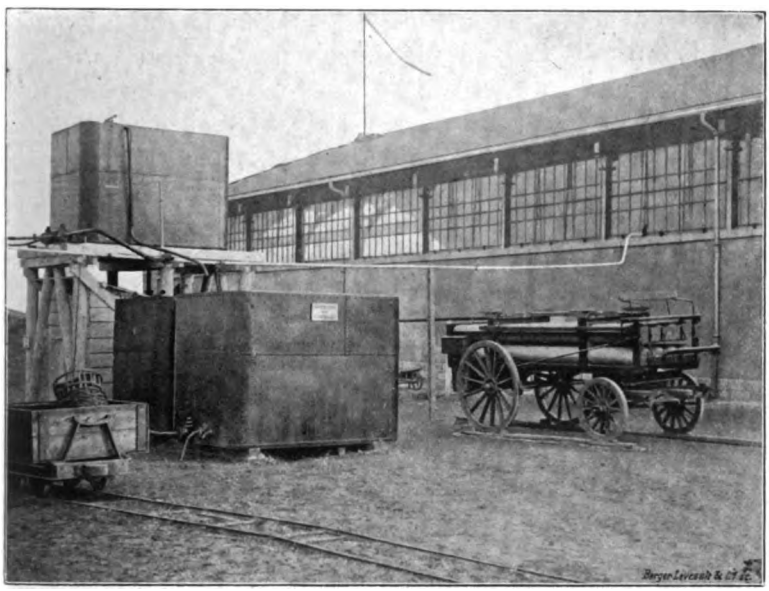


Fig. 76. — Le parc du *Lebaudy* à Toul.

L'enveloppe craint les froids prolongés : si on ne prend pas certaines précautions, les couches de caoutchouc deviennent cassantes au bout d'un certain temps, et perdent leur imperméabilité.

Les ascensions à de grandes hauteurs coûtent très cher (200 à 250 kg pour 1 000 m.) et diminuent par conséquent beaucoup le rayon d'action.

Mais, par-dessus tout, il est à désirer que la puissance

Digitized by Google

de l'aéronat soit fortement augmentée. Il faut notamment que la vitesse devienne suffisante pour que l'on puisse marcher par tous les temps, ou à peu près, et ne pas rester, comme on l'est aujourd'hui dans une certaine proportion, à la merci du caprice des vents.

Il faudrait que la capacité de transport, ou disponible de lest, fût beaucoup plus grande, afin de permettre de longs voyages sans toucher terre, l'élévation à de grandes hauteurs plusieurs fois de suite dans la même expédition, et le transport de poids plus importants, personnes, projectiles, etc.

Le réapprovisionnement en gaz est actuellement une difficulté considérable, qui entrave la mobilité du vaisseau aérien. Pour le moment on ne peut remplacer l'hydrogène consommé que par l'un des trois moyens suivants : 1° le retour au gîte habituel, qui ne se peut qu'à condition d'opérer seulement dans un rayon limité autour de ce port d'attache ; 2° l'atterrissage à un des parcs fixes d'aérostation militaire, où se trouvent des appareils générateurs d'hydrogène pur et des réserves de gaz, ou auprès des parcs mobiles de campagne, qui sont également outillés pour en fabriquer. Mais les parcs fixes sont peu nombreux, il n'y en a guère que dans les grandes places fortes ; ceux des armées sont rares aussi, et le dirigeable ne saura pas toujours où ils sont ; 3° l'envoi d'avance, ou après l'atterrissage, à l'endroit où se trouve l'aéronat, de ballons-réserves transportant une provision de 100 à 200 m. de gaz, ou bien de voitures-tubes des compagnies d'aérostiers de l'armée, lesquelles contiennent, chacune, environ 250 m³ d'hydrogène comprimé à 200 atmosphères dans des tubes de tôle d'acier, véritables réserves roulantes de gaz. Mais ces voitures sont très lourdes, leur nombre n'est pas très considérable (1).

1. Le modèle actuellement en service contient huit tubes ; on commence à en fabriquer à six tubes identiques, plus mobiles, mais donnant naturellement une quantité de gaz moindre.

Digitized by Google

Le chargement des tubes est une opération compliquée, qui ne peut être exécutée qu'à l'établissement de Chalais ou dans certaines stations-magasins.

On peut encore reprocher au dirigeable l'espace nécessaire à son installation, le personnel assez nombreux (une dizaine de personnes) qu'il absorbe pour son entretien, et la main-d'œuvre plus nombreuse encore qu'exigent les

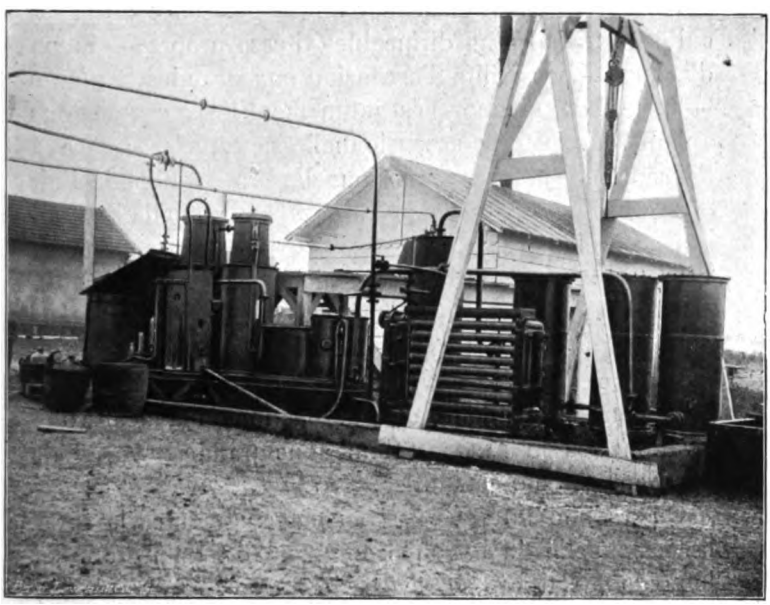


Fig. 77. — Le générateur d'hydrogène pur de M. Julliot.

manœuvres de départ et d'arrivée (25 à 30 hommes), la prise considérable qu'il offre aux projectiles, enfin son prix de revient fort élevé (300 000 fr. environ), augmenté de dépenses d'installation et d'entretien très lourdes.

La constatation de ces diverses imperfections ne doit diminuer en rien l'admiration que nous inspirent les très beaux résultats obtenus, et la confiance que mérite

Digitized by Google

un instrument remarquablement réussi. Mais elle nous permet de le juger en toute impartialité sans aucune exagération. Elle nous conduira surtout à entrevoir le sens dans lequel les améliorations devront être recherchées. Nous verrons ensuite que l'impossibilité absolue de remédier à quelques-unes d'entre elles nous amènera à examiner la valeur des arguments des personnes qui déclarent que la solution de l'avenir est d'un côté différent.

Faisons d'abord remarquer que la puissance ou la faculté de travail d'un dirigeable (vitesse propre — rayon d'action — possibilité d'ascension aux grandes hauteurs — faculté de transport) est intimement liée à ce que nous appellerons la force ascensionnelle nette, c'est-à-dire à l'excédent de la force ascensionnelle brute (poids de l'air déplacé, diminué du poids du gaz) sur le poids de l'ensemble de l'instrument.

Un accroissement de cet excédent, par conséquent de cette puissance, peut être, à la volonté du constructeur ou du pilote, converti, soit en augmentation de force du moteur, c'est-à-dire en vitesse, soit en supplément de lest et de pétrole, étendant le rayon d'action ou la faculté d'élévation, soit en transport d'une plus grande quantité de personnes ou d'objets utiles.

On a donc intérêt aussi bien à augmenter la force ascensionnelle du ballon proprement dit qu'à diminuer le poids de l'attirail soulevé.

Il est évident que tout progrès de l'industrie métallurgique profitera au dirigeable. Un jour arrivera peut-être, par exemple, où l'on pourra donner à des alliages d'aluminium ou autres métaux la résistance, la souplesse ou la solidité que M. Julliot n'a pu, en l'état actuel des choses, trouver que dans l'acier au nickel. S'il en est ainsi et que l'on puisse faire de cette façon une économie de seulement 20 °/₀ sur le poids des parties métalliques, comme celui-ci est d'environ 1 200 kg avec le *Lebaudy* 1905, on voit que l'on pourra déjà gagner de ce fait 240 kg.

Digitized by Google

La vogue toujours croissante de l'automobilisme, les progrès incessants des moteurs, qui en sont la conséquence, continueront naturellement à profiter aux dirigeables. Au lieu d'un moteur de 40 chevaux pesant 300 kg, comme dans le *Lebaudy,* la *Patrie* possède un moteur à peu près de même poids mais fournissant une

Fig. 78. — Voiture-tubes d'hydrogène comprimé.

force de 70 chevaux, ce qui, vraisemblablement, permet de lutter contre des vents de plus de 13 m. Il est évident qu'on ne s'arrêtera pas là, et que, si on peut trouver aujourd'hui des moteurs à essence très sûrs de 4 kg par cheval, si on peut même déjà en trouver descendant jusqu'à 1 kg par cheval, mais d'un fonctionnement incertain, on ne tardera pas à avoir des moteurs

Digitized by Google

parfaits de ce rendement, et d'un rendement plus avantageux encore.

De plus, l'expérience permettra sans doute de modifier avec avantage soit la forme, soit des détails du dirigeable. Déjà M. Julliot émet des doutes sur la nécessité du cadre de poussée. Il a fait, dans le modèle de 1906, ce cadre démontable à volonté, et a constaté expérimentalement que cet organe n'est pas indispensable. Les triangles de câbles d'acier qui assurent la liaison de la nacelle avec la plate-forme sont suffisants pour transmettre dans de bonnes conditions la force de propulsion des hélices à la surface de résistance du ballon, il a pu gagner de ce fait une centaine de kilogrammes.

D'autres modifications avantageuses seront peut-être rendues possibles.

On pourrait d'ores et déjà économiser une centaine de kilogrammes en remplaçant le double tissu de coton de l'enveloppe actuelle, qui pèse 330 gr. par mètre carré, par une double étoffe de soie vulcanisée, qui ne pèserait que 250 gr. Mais ce serait une augmentation de dépense assez considérable, qui, seule, a fait reculer le gouvernement pour le type 1906, et MM. Lebaudy et Julliot pour le précédent.

Rien ne prouve que l'industrie textile ne voudra pas, elle aussi, contribuer au perfectionnement des ballons dirigeables et ne leur offrira pas, un jour, soit des soies aussi bonnes et meilleur marché, soit des tissus nouveaux présentant, pour des prix plus abordables, la légèreté souhaitée avec la résistance indispensable. On sait les progrès très rapides que vient de faire, ces dernières années, la soie artificielle tirée de la cellulose nitrée ou du fulmicoton, et qui revient quatre fois meilleur marché que celle du ver; qui sait si là ne sera pas le tissu de l'avenir? Pour le moment, ce produit est inapplicable aux ballons parce qu'il est trop hydrométrique, très inflammable et insuffisamment résistant. On

Digitized by Google

trouvera peut-être le moyen de remédier un jour à ces défauts.

Nous venons de montrer les difficultés actuelles de réapprovisionnement en gaz. Il est évident qu'on pourrait créer, sur un certain nombre de points suffisant du territoire, des sortes de magasins à gaz. Ce n'est là que

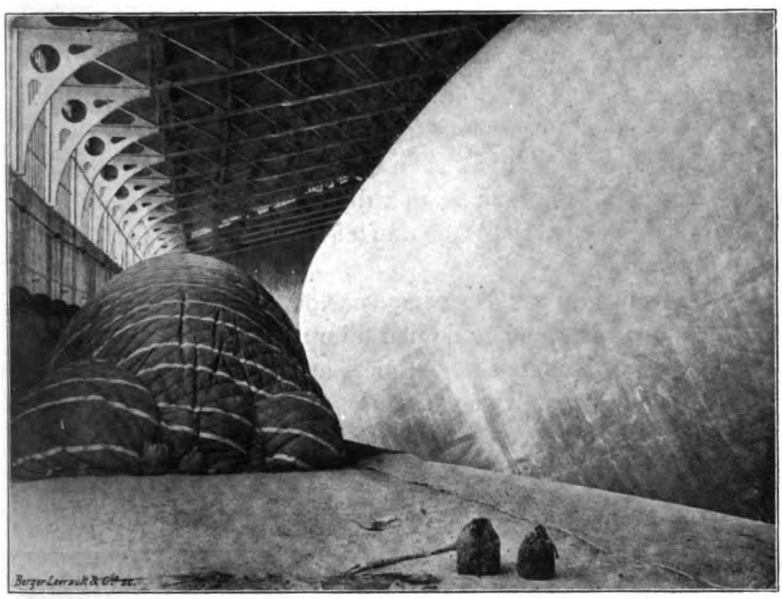


Fig. 79. — Un ballon-réserve d'hydrogène.

question d'argent. On pourrait aussi organiser, à la façon des voitures-tubes, des wagons-tubes, ou mieux des wagons à tubes transportant une grande quantité de tubes détachés, faciles à transporter de la station, au moyen de véhicules quelconques, quand le dirigeable ne pourra y venir.

Peut-on espérer, comme gaz, quelque chose de mieux

Digitized by Google

que le gaz hydrogène ? Ce n'est pas probable. En effet, le mètre cube d'air pèse, à la pression de 760 mm., 1 290 gr.; le mètre cube d'hydrogène purifié ne pèse que 110 gr., soit à peu près douze fois moins que l'air; la différence de 1 180 gr. représente la force ascensionnelle brute par mètre cube. La plupart des autres gaz légers connus sont bien plus difficiles à obtenir ou d'un prix de revient plus élevé, ou bien ont sur les tissus et sur le caoutchouc des effets chimiques qui devront faire rejeter leur emploi, d'autant plus que les gains qu'ils pourraient procurer seraient tout à fait minimes.

On se contentera peut-être au contraire un jour de gaz beaucoup moins légers. Il en est un qui attire tout naturellement l'attention : le gaz d'éclairage, dont l'emploi aurait l'immense avantage de faciliter beaucoup le ravitaillement.

On trouve du gaz d'éclairage partout, ou du moins dans toutes les villes, même de peu d'importance; en outre, il ne coûte guère que 20 centimes, tandis que l'hydrogène pur revient actuellement à cinq fois plus cher. Mais le gaz de houille est relativement très lourd : il pèse environ 500 gr. au mètre cube, soit cinq fois plus que l'hydrogène; sa force ascensionnelle n'est donc guère que de 700 gr., un peu plus seulement de la moitié de celle de l'hydrogène. En conservant les mêmes dimensions que celles de l'enveloppe du *Lebaudy,* l'emploi de ce gaz ferait, pour un volume de 3 000 m³, perdre 1 400 kg de force ascensionnelle !

Il n'y faut donc pas songer.

Il y a quelque chose de plus léger que l'hydrogène, c'est le vide. Mais si certains amateurs ignorants y ont songé, personne de sérieux ne s'arrêtera un instant à l'examen de cette solution, car le vide comporte une enveloppe rigide, capable de supporter l'effort considérable de la pression atmosphérique (correspondant sur chacun des éléments au poids d'une colonne d'eau de 10 m. de haut),

Digitized by Google

par conséquent très résistante et partant très lourde; pour une capacité de 3 000 m³ le gain ne serait que de 330 kg, et la carapace pèserait au moins vingt fois plus.

Il ne semble donc pas qu'on puisse trouver quelque chose de mieux que le gaz hydrogène ; les efforts devront plutôt se porter sur la recherche de procédés pratiques, économiques et rapides de production ou d'emploi de ce gaz, qui se trouve partout autour de nous, notamment dans l'eau, dans le gaz d'éclairage, etc.

Nous avons décrit précédemment le procédé de production de l'hydrogène par le générateur du *Lebaudy* (réaction de l'eau acidulée sur de la tournure de fer).

Les générateurs des parcs d'aérostation de campagne français demandent l'hydrogène à la réaction de l'eau acidulée sur le zinc, plus cher mais plus transportable, et donnent 250 à 300 m³ à l'heure.

Les Russes ont employé en Mandchourie un moyen de production commode et rapide, mais extrêmement dispendieux (8 à 9 fr. le m³) : leur gaz était dû à la réaction d'un bain de soude caustique sur l'aluminium enfermé dans un récipient en fer.

On étudie en ce moment des procédés d'extraction de l'hydrogène de l'eau par des moyens divers, du gaz d'éclairage par l'air liquide, etc.

Mais ce qui serait de beaucoup le plus désirable, ce serait qu'on parvînt à trouver un moyen de fabriquer l'hydrogène dans la nacelle même du ballon, en cours d'ascension ; le jour où cela pourra se faire sans danger, au moyen d'appareils qui ne seront pas trop lourds et n'absorberont pas de matières trop pesantes, on aura fait un immense progrès.

Or, ce jour-là pourrait bien être très proche.

Déjà on fabrique de l'hydrogène liquide, dont un volume minime donne une grande quantité de gaz. Ce liquide peut être transporté dans des vases non clos, à enveloppes minces et légères, n'ayant pour but que de

Digitized by Google

lui éviter l'action de la chaleur ambiante. Sa vaporisation sera relativement facile. Malheureusement, ce liquide, pour le moment, ne se conserve pas plus de douze à vingt-quatre heures ; en outre, sa fabrication nécessite des usines dont l'établissement coûterait extrêmement cher (100 000 fr. environ). Mais ces inconvénients pourront certainement être atténués. M. Julliot poursuit lui-même des recherches dans cette voie.

D'autre part, on vient de trouver récemment un procédé tout différent qui donnera peut-être très prochainement des résultats aussi avantageux : l'hydrolithe. Le commandant Jullien et le capitaine Richard, officiers du génie, anciens aérostiers, ont imaginé, il y a quelques années, que l'on pourrait obtenir très facilement et à très bon compte l'hydrogène par la réaction de l'eau sur un hydrure de calcium. N'ayant pas sous la main les moyens matériels nécessaires pour procéder aux expériences voulues, ils ont engagé les chimistes Moissan et Faubert à faire des recherches dans ce sens. Elles semblent en bonne voie, car ces messieurs ont fait, il y a peu de temps, à l'Académie des sciences une communication d'après laquelle 1 kg d'hydrure de calcium pourrait fournir par des moyens très simples 1 m³ d'hydrogène en laissant 1 kg de chaux, utilisable comme lest. On peut, paraît-il, se procurer assez facilement la matière première. Si ce procédé ne révèle aucun danger ou inconvénient insoupçonné, il aura, entre autres, l'énorme avantage, partagé d'ailleurs par l'hydrogène liquide, de conserver l'équilibre à bord de la nacelle, puisque le poids de la matière première et celui du déchet seront à peu près identiques, et que ce déchet peut servir de lest[1].

---

1. Les officiers du laboratoire de Chalais-Meudon viennent de se mettre à étudier ce nouveau mode de fabrication de l'hydrogène en vue du remplacement des lourds appareils de campagne actuellement employés pour la production de ce gaz pour les ballons captifs de l'aérostation militaire. Il ressort de leurs premiers essais que, pour gonfler un ballon captif normal, il suf-

Digitized by Google

Si l'un de ces deux procédés, ou tout autre analogue permettant, dans les conditions que nous venons d'indiquer, la production de l'hydrogène à bord même de la nacelle, vient à aboutir, on devine aisément les immenses conséquences que ce perfectionnement entraînerait.

Actuellement, le rayon d'action d'un dirigeable est limité surtout par la dépense de gaz qu'il peut faire, dépense qui doit être compensée par le lest emporté; or la quantité de lest qu'on peut emporter est limitée par la force ascensionnelle que l'aéronat possède au départ. Pour juger de la dépense, rappelons quelques chiffres : le *Lebaudy* 1905, dans des conditions ordinaires(1), par un ciel uni de soleil ou nuages, dépense, en restant à peu près à même hauteur, environ 35 m³ de gaz et 30 kg de lest par heure et autant pour l'atterrissage. Une ascension à 1000 m. lui coûte 200 à 250 kg; une pluie lui en coûte 60 à 100; le passage au-dessus d'une forêt ou d'un lac, 20 à 100; un ciel à nuages interrompus en consomme 50 à 150 à l'heure. D'autre part, le disponible de lest, avec trois aéronautes à bord et 100 kg d'essence, est, suivant les conditions atmosphériques (chaleur, pression, hygrométrie, etc.), de 550 à 650 kg, en moyenne 600 (2).

Si l'on pouvait embarquer les moyens de fabriquer au cours même de l'ascension 600 m³ de gaz, on conçoit facilement que le rayon d'action du dirigeable serait doublé. Il sera peut-être même augmenté dans une proportion plus grande encore, puisque, le gaz n'étant plus aussi limité, on pourra partir avec un ballonnet contenant

---

firait de 500 à 600 kg de carbure de calcium, l'eau se trouvant partout. En comptant le poids de l'appareil générateur et celui du véhicule, on ne dépasserait pas, au total, 1 500 kg, soit le 1/6 du poids de trois voitures du générateur actuellement en usage. L'hydrogène ainsi fabriqué reviendrait malheureusement à 8 fr. le kilogramme, ce qui est bien cher, mais ces officiers espèrent pouvoir arriver à le produire bientôt plus économiquement.

1. Ces chiffres ne sont que des indications générales; ils sont essentiellement variables.

2. 800 environ avec la *Patrie* ayant quatre aéronautes à bord.

Digitized by Google

un peu d'air, au lieu du ballonnet vide comme on le fait aujourd'hui. Lorsqu'une cause quelconque, actuellement, au début d'une ascension, tend à dilater l'hydrogène (montée, augmentation de température, etc.), il faut, pour éviter que la pression intérieure ne risque de faire éclater l'enveloppe, lâcher du gaz, ce qui est une perte sèche. Quand le ballonnet pourra contenir de l'air, ce qui actuellement d'ailleurs a lieu après quelque temps d'ascension, il suffira de refouler cet air, on évitera ainsi cette perte de gaz.

Actuellement, au cours de l'ascension, chaque fois que l'on veut augmenter la force ascensionnelle, par exemple pour monter, on n'a pas d'autre moyen à sa disposition que de jeter du lest. Quand on pourra fabriquer du gaz à bord de la nacelle, au lieu de jeter 20 kg de lest, on enverra dans le ballon 18 m³ de gaz, ce qui produira le même effet, pourvu, bien entendu, qu'on expulse en même temps 18 m³ d'air du ballonnet.

Si l'hydrogène liquide devient applicable à son tour, les moyens du dirigeable seront augmentés dans une proportion bien plus grande encore, 1 kg de ce précieux liquide pouvant donner une dizaine de mètres cubes de gaz.

Le rayon d'action du dirigeable ne sera alors plus guère limité que par l'approvisionnement d'essence. On sait que le moteur du *Lebaudy* 1905 consomme, à plein rendement de 40 km, 20 litres, soit 14 kg d'essence à l'heure; on pourrait donc, en en emportant 600 kg, fournir quarante-trois heures de course à toute vitesse, par conséquent parcourir 1 700 km sans toucher terre! De plus, il faut remarquer que, grâce à l'automobilisme, on peut se ravitailler en essence absolument partout, jusque dans les plus petites bourgades.

Enfin, un jour viendra peut-être où nous verrons dans la nacelle des aéronats des moteurs électriques très légers commandés de loin par une source d'énergie fixe, grâce

Digitized by Google

à la transmission de la force sans fil. Ce procédé, il est vrai, aurait l'inconvénient de limiter plus ou moins le rayon d'action des dirigeables, qui seraient ainsi liés à la source de force. Il ne sera donc applicable que lorsque cette transmission d'énergie pourra se faire à une très grande distance.

Mais sans aller si loin dans les prévisions de l'avenir,

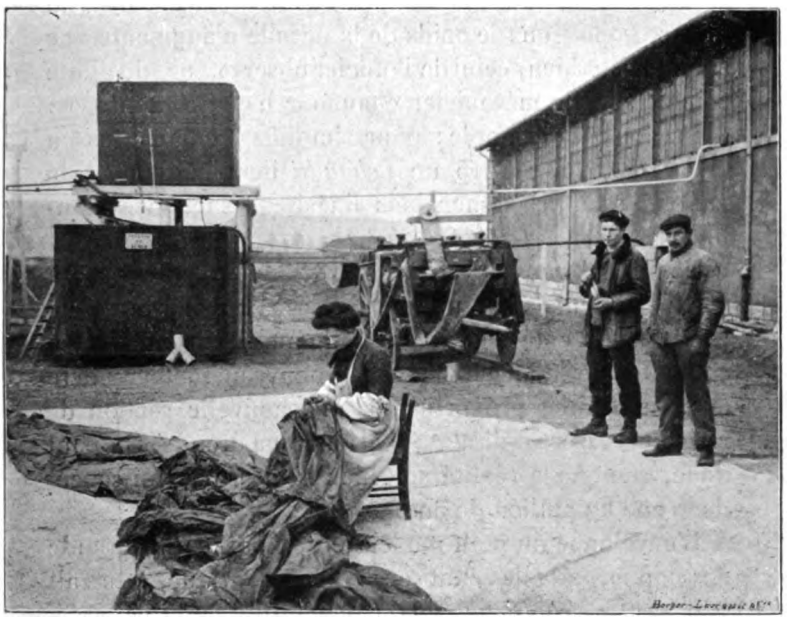


Fig. 80. — Réparation à un ballon-réserve.

on a dès maintenant sous la main un moyen d'accroître dans de grandes proportions la faculté de mouvement des dirigeables.

C'est tout simplement d'augmenter leurs dimensions linéaires. Le plus élémentaire calcul le prouve clairement : la force ascensionnelle brute, provenant du ballon, est proportionnelle au *volume,* c'est-à-dire au *cube*

Digitized by Google

des dimensions linéaires ; la résistance de l'air, elle, est, pour des formes semblables, proportionnelle à la *surface* de résistance, c'est-à-dire au *carré* des dimensions linéaires.

En augmentant donc tout proportionnellement, on augmente beaucoup plus la force ascensionnelle que la résistance de l'air.

En outre, il est des éléments retardateurs, qui, eux, ne croissent pas, ou tout au moins ne croissent pas dans la même proportion : le poids de la nacelle n'augmente que si on le veut bien, celui de l'officier observateur, du pilote conducteur, du mécanicien chauffeur n'augmentent pas.

Prenons un exemple : pour simplifier, comparons au *Lebaudy* modèle 1905 un *Lebaudy* imaginaire dont le ballon aurait des dimensions linéaires exactement doubles.

Ce grand modèle aurait un volume de 3000×2 soit 24 000 m^3 ; donc une force ascensionnelle brute de 28 240 kg, à côté des 3 540 kg du petit. Si on veut se contenter de la même vitesse, le nouveau moteur devra avoir une force proportionnée à la nouvelle section de résistance, c'est-à-dire $2^2 = 4$ fois plus grande. On peut donc, quoique la réalité soit bien au-dessous, lui concéder 1 200 kg au lieu de 300.

L'enveloppe du petit modèle pèse 600 kg. La grande enveloppe, si elle était en étoffe identique, pèserait $600 \times 2^2 = 2\,400$ kg ; mais, comme il lui faut une résistance un peu supérieure, comptons 3 000. Les organes divers et accessoires, nacelle, gréement, plans, etc., du petit modèle pèsent 1 700 kg. Les uns, avons-nous dit, ne seront pas augmentés du tout, les autres le seront dans une proportion plus ou moins grande ; en supposant leur poids triplé, ce serait une moyenne vraisemblable ; doublons le nombre des passagers, les éléments des deux aéronats nous donneraient donc approximativement :

Digitized by Google

ÉLÉMENTS	PETIT MODÈLE		GRAND MODÈLE	
Force ascensionnelle brute		3 540		28 240
Poids du moteur	300		1 200	
Poids de l'enveloppe	600		3 000	
Nacelle, gréement, hélices, accessoires, etc.	1 700		5 100	
Trois aéronautes dans l'un, six dans l'autre.	220		440	
Poids total indispensable	2 820	2 820	9 740	9 740
Force ascensionnelle nette		720		18 500

On voit, par ce calcul approximatif, que, tandis que la force ascensionnelle nette du petit modèle est d'environ 700 kg, celle du grand modèle serait de plus de 18 000 kg, soit vingt-cinq fois plus forte !

Ce bénéfice colossal permettrait de donner au moteur une force beaucoup plus grande, d'augmenter le personnel transporté plus que nous ne l'avons admis, d'emmagasiner d'énormes quantités de lest, projectiles, etc. On aurait là un instrument d'une puissance formidable !

Nous avons pris pour base de calcul un agrandissement considérable, afin de profiter de la proportion frappante de 2 à 1 ; mais, bien entendu, une augmentation moindre produirait un effet avantageux analogue, toute proportion gardée.

D'ailleurs, l'aéronat que nous supposons n'a rien d'invraisemblable comme dimensions : la montgolfière l'*Aigle,* lancée en 1864 par Eugène Godard, avait bien 14 000 m³ ; le dernier projet de Giffard, qui fut si près d'être exécuté, comportait bien un ballon de 50 000 m³.

On peut donc conclure qu'il y a, au point de vue du rendement, tout intérêt à faire le plus grand possible. On ne sera limité que par des questions financières et par des difficultés de manœuvre, un immense vaisseau aérien comme celui-là devant être bien plus difficile à manier qu'un dirigeable de 3 000 m³. Il en est d'ailleurs

Digitized by Google

pour les dirigeables exactement de même que pour les vaisseaux de guerre : la lutte russo-japonaise a nettement montré l'avantage des bâtiments de fort tonnage, et aujourd'hui toutes les nations sont d'accord pour ne plus construire que des cuirassés de 18 000 tonnes et plus, qui, outre leur plus grande capacité de résistance à la torpille, peuvent s'armer de canons plus forts et plus nombreux, cuirasser leurs flancs plus sérieusement, tout en acquérant une vitesse supérieure à celle des cuirassés de 12 000 et 13 000 tonnes.

De tout cela on peut conclure que non seulement la navigation aérienne est entrée, avec le *Lebaudy* et la *Patrie,* dans la phase de la réalisation pratique, mais que ces beaux instruments nous ouvrent des horizons pleins d'espérances, et d'espérances qui n'ont rien de chimérique.

Déjà à côté d'eux nous voyons surgir des imitateurs nombreux. A l'étranger, on s'est rendu compte qu'on avait fait fausse route avec les aéronats à carcasses, et, voyant réussir pleinement les plans stabilisateurs de M. Julliot, on s'empresse de les copier. C'était à prévoir.

En France même, nous voyons apparaître différents projets ou tentatives. Nous parlerons un peu plus tard de quelques-uns d'entre eux; signalons seulement ici celui de M. Louis Godard, établi sur la commande de l'Américain Wellmann pour l'expédition qu'il a l'intention de tenter en dirigeable au pôle nord; c'est principalement sa capacité très grande qui aurait dû lui donner, si les prévisions avaient été exactes, la possibilité de faire d'une seule traite l'immense voyage projeté.

Digitized by Google

CHAPITRE VII

LE PLUS LOURD QUE L'AIR

Les deux systèmes. — Par une coïncidence en apparence assez curieuse, juste au moment où le ballon dirigeable, après tant de tentatives infructueuses, triomphe enfin, nous voyons les partisans d'une toute autre solution du problème de la locomotion aérienne redoubler d'activité et crier plus haut que jamais que le ballon dirigeable est un leurre, que l'avenir est d'un tout autre côté !

Comment expliquer ce phénomène, et qu'est-ce que cette exclusive prédiction peut avoir de vrai ?

L'idée de se promener dans l'air a son origine dans la tentation d'imiter les oiseaux. C'est donc en s'adjoignant des ailes artificielles que l'on a essayé tout d'abord de s'enlever du sol, il y a fort longtemps. Puis, ne pouvant pas y parvenir, on a cherché autre chose : le hasard ou l'imagination ont fait naître le cerf-volant à une époque déjà très ancienne, en Chine, pense-t-on. Puis on a imaginé des plans inclinés, des rames de toutes formes et toutes natures, comme nous l'avons sommairement indiqué au début de cette étude (1).

Un beau jour, le ballon a surgi. Mais, dès qu'on a essayé de le diriger, on a piteusement échoué. Les gens réfléchis ont vite compris que, pour arriver à vaincre la résistance de l'air avec une masse aussi considérable que celle qui équilibrait le poids de l'homme et des acces-

1. Nous ne pouvons omettre de signaler parmi eux les projets d'appareils d'aviation très curieux de Léonard de Vinci, et nous renvoyons pour les détails à l'ouvrage historique si documenté de Lecornu.

Digitized by Google

soires, il fallait un moteur très puissant. Ce moteur, à ce moment, n'existait pas ; le ballon dirigeable semblait donc irréalisable.

On se remit alors à chercher à établir des machines volantes de systèmes variés, mais ayant toutes pour caractéristique l'absence de ballon.

Peu à peu les théories se précisèrent et l'on aboutit à ces deux grandes écoles qui se disputent aujourd'hui la conquête de l'espace par des moyens nettement différents : le *plus léger que l'air* et le *plus lourd que l'air*.

Les partisans du premier système déclarent qu'avant de songer à se mouvoir dans l'air, il faut pouvoir s'y tenir, c'est-à-dire s'équilibrer en compensant le poids de tout l'appareil à l'aide d'un ballon qu'on s'efforcera ensuite de propulser.

Leurs adversaires prétendent au contraire qu'il est absurde de vouloir se mouvoir avec un objet aussi embarrassant que cette énorme poche de gaz et qu'on doit pouvoir obtenir cet équilibre dans l'air par des moyens mécaniques.

Tous les instruments d'aviation essayés jusqu'ici peuvent se classer en trois catégories : les *orthoptères*, les *hélicoptères* et les *aéroplanes*.

Orthoptères. — Les orthoptères [1] ont la prétention d'imiter directement les oiseaux : leurs organes essentiels consistent dans un système d'ailes battantes, avec lesquelles on cherche à augmenter la résistance de l'air dans les mouvements que l'on pourrait appeler utiles pour soutenir et propulser, et par contre à la diminuer dans les mouvements inverses.

Les premières tentatives ont été faites avec des ailes

1. On emploie parfois d'une façon impropre le terme d' « aviateur » pour désigner ces appareils, mais les techniciens entendent sous cette dénomination la personne qui fait marcher un appareil d'aviation. Toute machine volante sans ballon est un appareil d' « aviation ».

Digitized by Google

Fig. 81 et 82. — Photographies instantanées de vol d'oiseaux.
A A. Exemples de vol plané.

Digitized by Google

en plumes, puis des ailes artificielles attachées au bras de l'homme. Mais ces expériences dénotaient une naïveté extrême, le calcul ou même la simple comparaison le montrent facilement : si l'on mesure la surface des ailes d'un oiseau volant bien, et qu'on la compare à son poids, on voit que, pour un homme d'un poids moyen, il faudrait, pour rester dans la même proportion, des ailes de plus de 16 m².

En outre, il faudrait que ces ailes pussent être mues avec une grande force et une grande vitesse. Or l'homme en est absolument incapable.

La nature, concentrant toutes ses faveurs sur son cerveau, a doté l'homme d'une force musculaire beaucoup moins grande que celle des animaux. D'après les calculs faits ces dernières années et confirmés par les remarquables études de M. Marey appuyées sur l'observation cinématographique des mouvements de l'oiseau, les volatiles dépenseraient en moyenne, pour se soutenir en l'air et avancer, 24 kgm. par seconde et par kilogramme de poids, au début de l'essor, et seulement 4 kgm. en plein vol. Pour voler, dans les mêmes conditions, un homme vigoureux devrait, en prenant pour base un poids moyen de 75 kg., déployer 300 kgm. par seconde une fois lancé et 1 800 au départ ! Or un homme bien constitué ne peut, sans grande fatigue, dépenser plus de 10 kgm. à la seconde ; dans les travaux et mouvements qui lui sont usuels, il arrive à peu près à la moitié.

On voit donc que l'on est loin de pouvoir prétendre résoudre le problème par la simple force musculaire et qu'il est indispensable de chercher la solution dans l'emploi de moyens mécaniques.

Mais même avec eux les difficultés sont grandes encore.

On a d'abord, dans les temps les plus reculés, essayé de constituer des ailes par la juxtaposition de nombreuses plumes sans se rendre compte de leur disproportion avec les dimensions et le poids de l'homme.

Digitized by Google

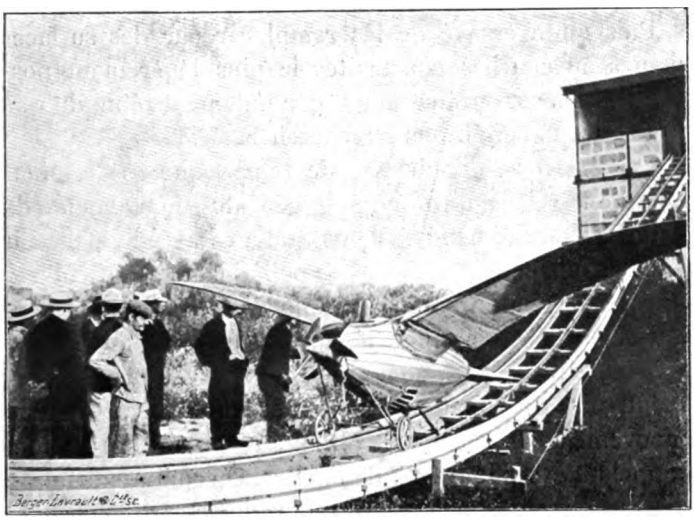


Fig. 83. — Orthoptère *Roux*. Le lancement.

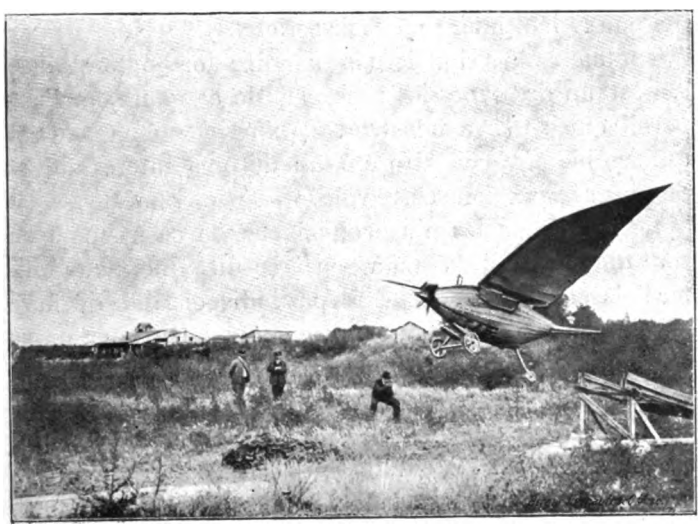


Fig. 84. — Orthoptère *Roux* au vol.

Digitized by Google

Puis on a essayé de les remplacer par des surfaces planes ou courbes construites le plus légèrement possible ; mais ces surfaces n'ont généralement répondu que très mal aux conditions à rechercher.

Ce n'est que depuis peu de temps que, se rendant compte de la nature compliquée du mouvement de l'aile de l'oiseau pendant le vol, on a essayé d'y parvenir par des moyens artificiels. Les expériences de M. Marey dues à la photographie instantanée et celles qui leur ont succédé ont en effet démontré que l'aile de l'oiseau n'exécute nullement, comme on l'a cru longtemps naïvement, un simple battement de haut en bas, mais bien un mouvement de battement oblique combiné de rotation, rappelant assez le travail de l'hélice. On comprend alors à quelles difficultés mécaniques on se heurterait pour arriver à l'imitation parfaite de pareils mouvements avec des ailes articulées !

En résumé, on n'est jusqu'ici arrivé, avec les oiseaux artificiels, absolument à rien de positif, ni même à rien qui puisse légitimer un espoir sérieux.

Toutefois nous signalerons au moins l'orthoptère *Roux* qui est un des types les plus nets de ce genre, et l'appareil que *Ader* a construit et expérimenté en 1897 et qui semble être ce qui a été fait de plus intéressant et de plus sérieux dans cette voie (1).

Les partisans les plus convaincus de ce système en sont toujours arrivés peu à peu à se dire que, pour imiter l'oiseau, il n'est peut-être pas indispensable de faire absolument comme lui : pour avancer dans l'eau, on se sert d'organes comme l'hélice bien différents des nageoires des poissons ; pour les véhicules, on a obtenu d'excellents résultats en imaginant la roue pour remplacer les pattes des animaux ; il est donc logique de s'écarter de l'imita-

1. Les ailes de l'appareil Ader ne sont pas, à proprement parler, des ailes battantes : ce sont des organes articulés, rigides, qui imitent dans la mesure du possible les mouvements de l'aile de la rainette.

Digitized by Google

tion pure et simple des mouvements des ailes et de chercher des moyens ingénieux d'arriver par des procédés plus ou moins différents au résultat ambitionné.

Cela les amène donc immanquablement à verser dans l'une des deux autres branches du « plus lourd que l'air ».

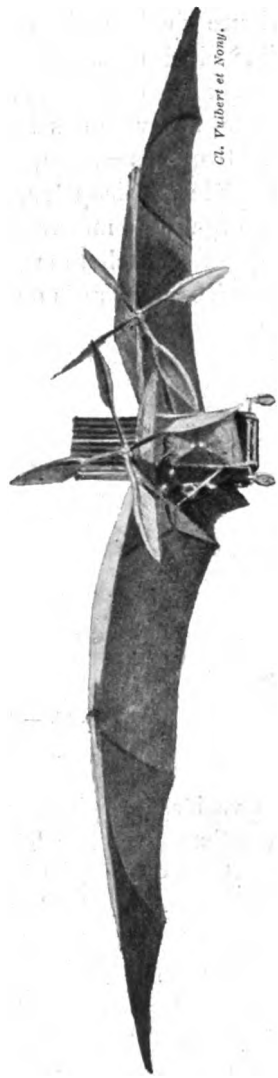


Fig. 85. — L'*Avion* d'Ader (1897).

Hélicoptères. — Les hélicoptères sont des appareils avec lesquels on cherche à se soutenir en l'air grâce à l'effort sur cet air d'hélices à axe vertical, qui produisent une force de bas en haut, contrebalançant celle de la pesanteur.

Ils ont apparu en même temps que l'hélice. Dès 1784, on avait même vu présenter à l'Académie des sciences un modèle mû par des ressorts en baleine, lequel peut déjà être rangé dans cette catégorie. Le plus illustre des partisans de ce système est *Ponton d'Amécourt*. Tout le monde connaît le petit jouet qu'il inventa, vers 1860, le spiralifère, avec lequel nous nous sommes amusés dans notre enfance : de la main gauche on tient verticalement un axe métallique emmanché dans une poignée de bois;

Digitized by Google

de la main droite, on tire vivement une ficelle enroulée autour d'une douille qui coiffe cet axe, et à la partie supérieure de laquelle est encastrée une hélice. On imprime ainsi un mouvement de rotation progressivement rapide à cette hélice, qui, dès que sa vitesse est suffisante, s'élève à des hauteurs parfois assez grandes.

Nous trouvons encore, dans un autre jouet, un intéressant modèle d'hélicoptère, qui, celui-là, transporte avec lui son organe de mouvement : il s'agit du fameux petit objet que nous achetons pour deux sous, au premier de l'an, sur les boulevards ou dans les bazars ; il affecte des

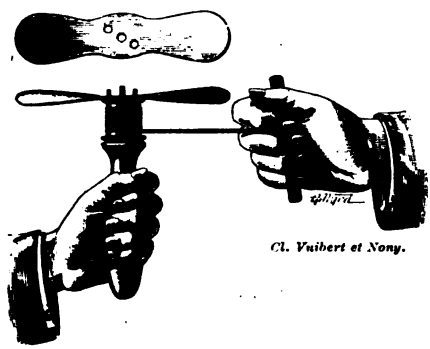


Fig. 86. — Jouet spiralifère.

formes variées, le plus souvent en papillon ; son principe consiste dans une hélice à deux branches en baudruche dans un cadre très léger ; la rotation de cette hélice est due à un élastique qu'on a, auparavant, tendu par une torsion aussi prolongée que possible. Tant que l'hélice tourne, l'objet se précipite au plafond et s'y acharne comme un grand insecte, pour ne tomber que lorsque le mouvement de rotation s'arrête.

A côté de Ponton d'Amécourt, il faut citer les noms célèbres de *Nadar, La Landelle, Eugène Godard, Babinet,* etc., chercheurs si convaincus du « plus lourd que

Digitized by Google

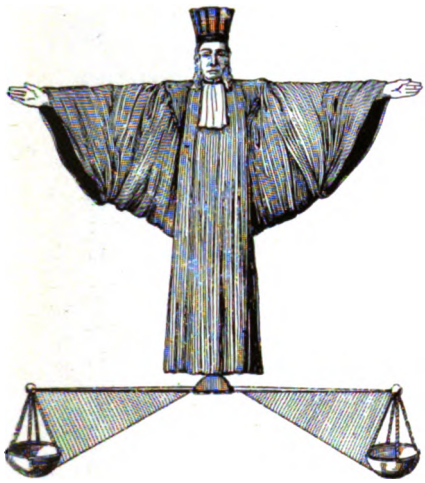


Fig. 87.

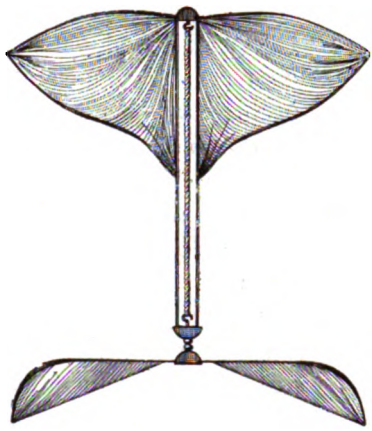


Fig. 88.

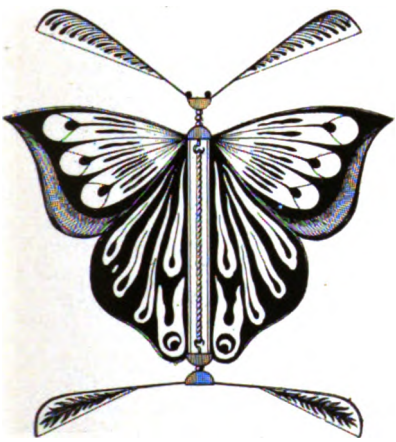


Fig. 89.

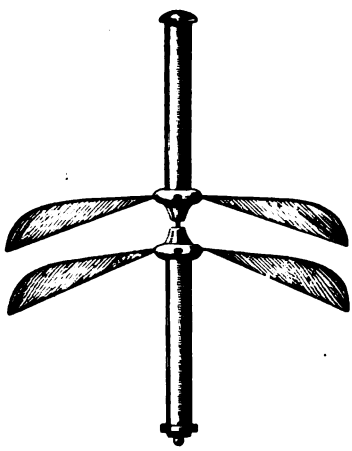


Fig. 90.

Fig. 91.

Cl. Vuibert et Nony.

Jouets hélicoptères à caoutchouc de Dandrieux.

Digitized by Google

l'air », que la plupart d'entre eux n'ont pas hésité à condamner avec un absolutisme intransigeant le ballon dirigeable et son embarrassant volume.

Les systèmes d'hélicoptères projetés ou essayés sont si nombreux qu'il faudrait un volume pour les décrire : contentons-nous de signaler qu'à la fin de sa carrière le colonel Renard s'était lancé dans l'étude approfondie de la question, d'une façon théorique d'abord, expérimentale ensuite. Il a, en 1903, exposé devant l'Académie des sciences une théorie de l'hélice ascensionnelle ; d'après lui, les hélicoptères pourront s'enlever avec leur moteur et un aviateur lorsque le poids des moteurs sera descendu à 2 kg par cheval-vapeur. Or nous ne sommes certainement pas éloignés de ce résultat (1).

Plus près de nous, nous avons vu, en 1905, M. *Santos-Dumont* laisser de côté, au moins provisoirement, ses ballons aux formes variées, pour construire, lui aussi, un hélicoptère muni d'un moteur extra-léger (indiqué comme donnant une force de 28 chevaux pour 35 kg !). Mais les premiers essais ont été si peu satisfaisants que le jeune Brésilien les a abandonnés pour se tourner du côté de l'aéroplane.

Les appareils les plus sérieux, qui aient été encore établis, sont ceux de M. Léger et de MM. Dufaux.

L'hélicoptère de M. *Léger* est le premier qui ait soulevé un être humain de terre, malheureusement sans moteur, la force électrique étant transmise de l'extérieur par un fil conducteur. L'axe de l'hélice est incliné obliquement de manière à produire en même temps le mouvement ascensionnel et le mouvement de translation.

MM. *Dufaux* ont pu, en 1905, soulever un moteur et

1. On fait déjà des moteurs de ce poids, mais pour avoir des appareils fonctionnant d'une façon sûre, il ne faut pas, pour le moment, descendre au-dessous de 4 kg à $4^{kg},500$. Si l'on annonce parfois des puissances supérieures, il faut se méfier de la façon dont est compté le poids du moteur : le réservoir, les carburateurs, etc., parfois, ne sont pas compris dans le poids annoncé.

Digitized by Google

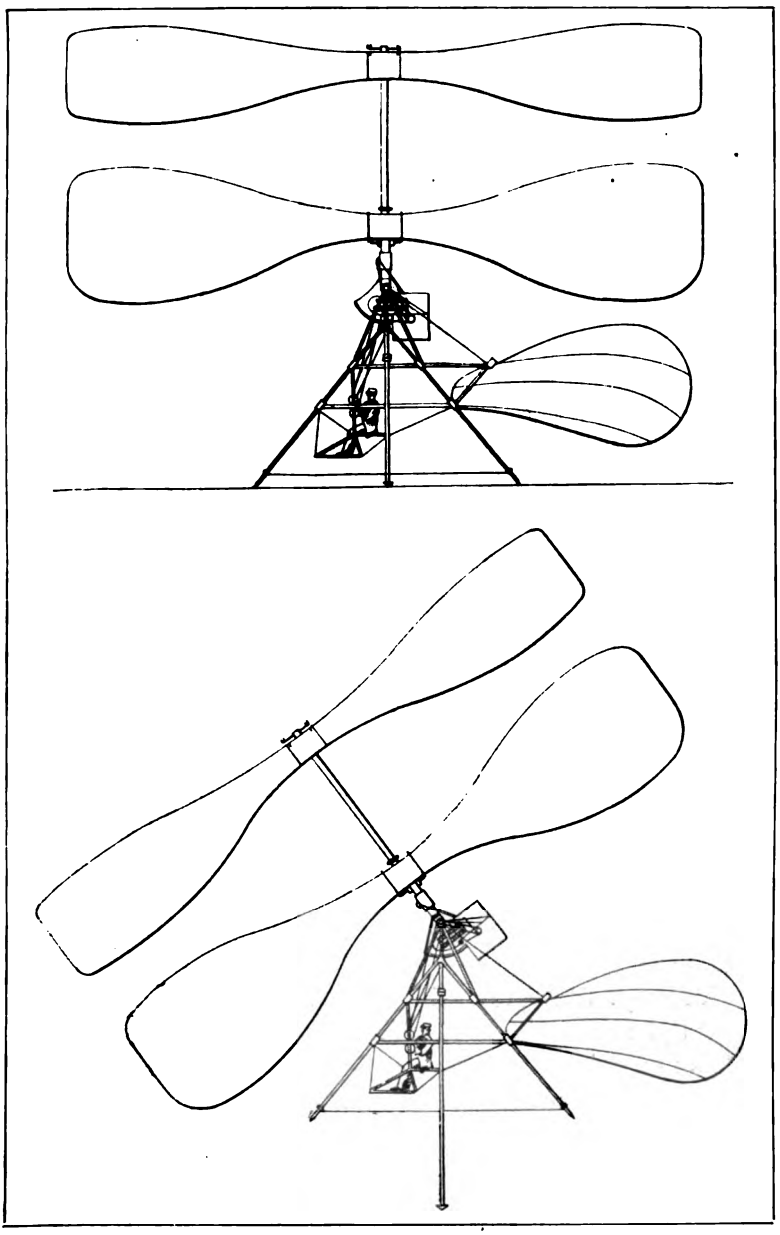


Fig. 92. — Hélicoptère *Léger*.

Digitized by Google

en même temps une surcharge du tiers du poids total, mais avec un appareil réduit à 17 kg seulement. Il reste à étudier comment se comporterait un appareil de même modèle de vraie grandeur.

On voit par ce rapide historique, que, si l'on peut entrevoir à brève échéance des progrès importants, jusqu'ici on n'a pu obtenir que des résultats très relatifs.

Aéroplane. — Mais c'est surtout l'aéroplane qui tente le plus grand nombre d'expérimentateurs ; car c'est lui qui semble pouvoir le plus facilement vaincre les difficultés et c'est lui d'ailleurs qui a fourni jusqu'ici les résultats les plus encourageants.

Tandis que l'hélicoptère demande la force ascensionnelle à la rotation d'une hélice horizontale, l'aéroplane, lui, la cherche dans la composante verticale de l'effort du vent, ou résistance de l'air agissant sur une surface oblique. C'est le même principe que celui du cerf-volant dans lequel une corde retient l'appareil contre lequel le vent vient agir. La seule différence est que l'aéroplane, lui, va au-devant de l'air, poussé par une hélice mue par un moteur ; la corde du cerf-volant est remplacée par le mouvement automobile.

Cet appareil fait d'ailleurs songer à l'oiseau, lorsque, après s'être élancé par le vol à ailes battantes, il plane, immobile, quelques instants, trouvant son équilibre dans la rencontre de l'air et de la surface oblique de ses ailes et de sa queue, comme l'ont montré les photographies de M. Marey. Tant que sa vitesse acquise reste suffisante, il peut planer sans descendre, voire même en montant parfois ; quand cette vitesse diminue, le planement continue mais l'oiseau peu à peu descend.

L'aéroplane consiste donc essentiellement en un système de surfaces, généralement planes, placées sur une ou plusieurs couches parallèles.

Les deux grands précurseurs, dans cette branche de

Digitized by Google

l'aéronautique, sont, pour la théorie, le Français *Pénaud,* et, plus récemment, le colonel *Renard* et le capitaine *Ferber;* pour la pratique, l'Allemand *Lilienthal,* lequel, entre 1891 et 1896, parvint à franchir dans l'espace des parcours de 200 et 300 m. Mais un beau jour, après plusieurs centaines d'expériences, une bourrasque chavira son frêle esquif, et le malheureux aviateur se brisa le crâne. Il n'en conserve pas moins la gloire

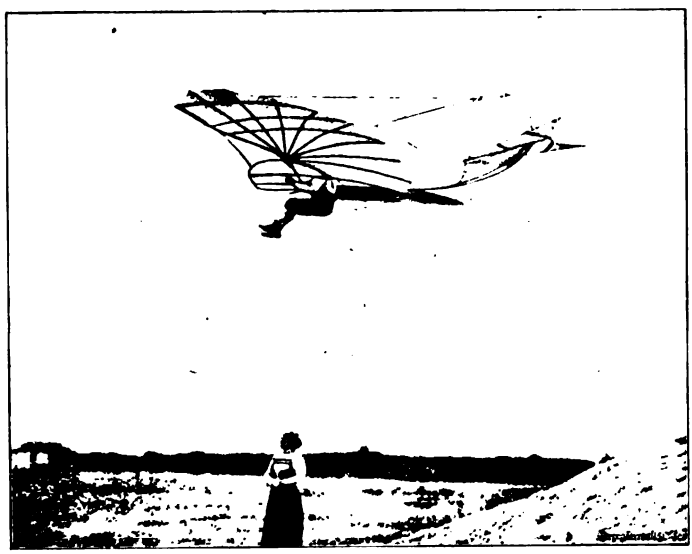


Fig. 93. — Glissade aérienne de Lilienthal (1893).

d'avoir, le premier, obtenu un résultat réel de glissement dans l'air, et imaginé des méthodes d'essai dont les autres ont pu profiter.

Les expériences de Lilienthal ont eu un retentissement énorme malgré leur issue dramatique, elles firent surgir par milliers des inventeurs de machines volantes et en particulier d'aéroplanes.

Digitized by Google

Juste en même temps que Lilienthal poursuivait ses essais, un Américain, *Langley,* en appliquant et en perfectionnant des projets de Pénaud, établissait un aéroplane à vapeur de dimensions réduites, qui put, en 1896, évoluer sans voyageur, pendant 1 600 m., à une vitesse de plus de 13 m. à la seconde, au-dessus d'une baie du Potomac. C'était un résultat intéressant, mais il faut remarquer qu'il n'était obtenu qu'avec un jouet de $13^{kg},600$ (véritable tour de force de légèreté pour une dimension de 4 m. sur $4^{m},50$). Tout autre est le pro-

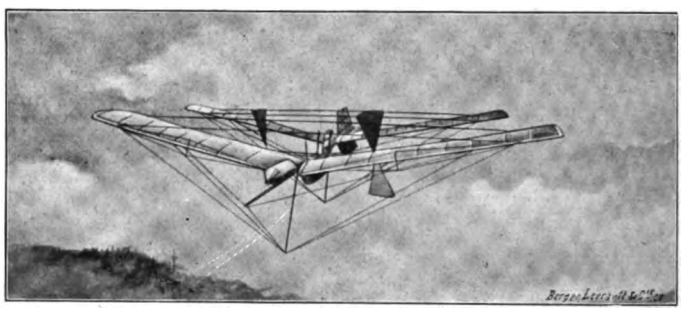


Fig. 94. — Aéroplane de l'Américain Langley évoluant au-dessus du Potomac (1892).

blème lorsqu'on veut rendre l'appareil assez puissant pour soulever le poids d'un homme !

Parmi les aviateurs les plus sérieux et les plus célèbres nous citerons au premier plan d'autres Américains, M. *Chanute* et les frères *Wright.* Ces derniers, en 1903, parvenaient à s'élever du sol avec un aéroplane à moteur et à exécuter des glissements de 800 mètres.

L'Amérique, si peu heureuse avec les ballons dirigeables, a conquis sur ce chapitre une place glorieuse au milieu des efforts du monde entier; elle n'éclipse toutefois pas la France. M. *Archdeacon* d'un côté, le capitaine *Ferber* de l'autre, ont obtenu des résultats fort

Digitized by Google

intéressants, et comme ils procèdent avec une sage méthode, alliant le calcul à l'expérience, on peut s'attendre de leur part à des progrès importants.

Frappé des résultats obtenus par Lilienthal, le capitaine Ferber s'était, dès 1898, attaché avec passion à la question de l'aviation. Grâce aux conseils des Chanute et des Wright, il construisit des appareils qui lui donnèrent des glissements remarquables. Le colonel Renard, persuadé qu'il y avait le plus grand intérêt à favoriser

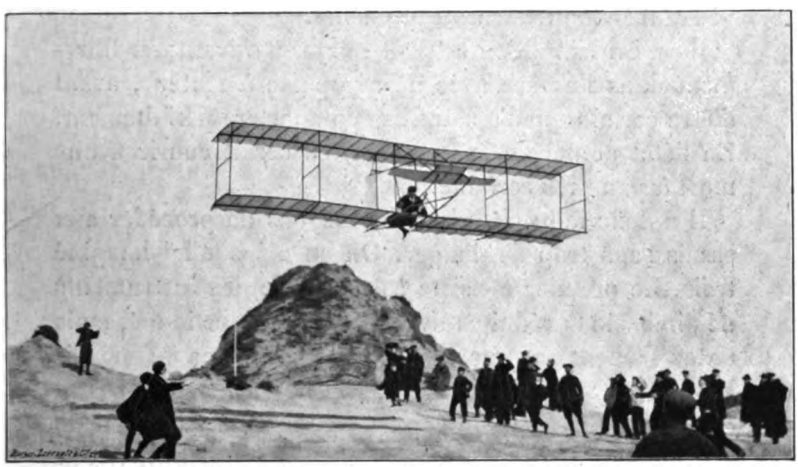


Fig. 95. — Aéroplane *Archdeacon* en glissade aérienne (1904).

et faciliter les recherches dans cette voie, l'attacha à l'établissement militaire de Chalais. Malheureusement les crédits sont réduits, le colonel Renard disparaît; Ferber est contraint d'acheter lui-même les moteurs et de prendre à sa charge presque tous les frais des expériences, ce qui n'est pas fait pour les accélérer.

Cet officier a d'ailleurs quitté le service à la fin de 1906 en prenant un congé de longue durée. Il compte s'occuper ainsi plus facilement de la partie industrielle

Digitized by Google

de la question et poursuivre ses travaux en vue de la résolution du problème de l'aviation plus librement qu'il ne pouvait le faire à l'établissement de Chalais-Meudon.

A Meudon le capitaine *Brianchon,* aviateur de l'école Ferber, poursuit ses recherches dans une voie parallèle à celle de son maître. Il se préoccupe spécialement de la question de l'équilibre, de la stabilité en pleine course des aéroplanes. Il espère arriver à trouver un moyen pratique de l'assurer. S'il y parvient, il aura rendu un service capital à la question, car c'est là la principale pierre d'achoppement du problème.

Il est évident qu'on ne peut songer à s'aventurer librement dans l'espace avec un aéroplane à moteur, avant d'être certain que l'appareil se comportera parfaitement. En l'état actuel de la question, ce serait courir à une mort à peu près certaine.

Il a donc fallu chercher des moyens de procéder aux essais sans trop de danger. On en a jusqu'ici imaginé trois. Le premier consiste à construire des instruments de dimensions réduites avec moteur proportionné, mais naturellement sans personne à bord. C'est ce qu'ont fait Langley et bien d'autres avant ou après lui ; ces sortes de jouets peuvent évidemment donner des indications utiles, mais il est bien certain qu'ils sont tout à fait insuffisants pour résoudre entièrement le problème, les conditions de mouvement d'un grand appareil d'aviation étant loin d'être les mêmes que celles d'un petit, nous l'avons montré pour les ballons dirigeables ; la disproportion est encore plus grande pour les machines volantes, avec cette différence que, pour celles-ci, les difficultés augmentent considérablement avec les dimensions.

Le second moyen est celui de Lilienthal. Il consiste à s'élancer du haut d'un tremplin élevé avec un aéroplane de vraie grandeur, dans lequel se place l'aviateur. On n'emploie pas de moteur, le mouvement en avant est obtenu grâce au glissement de l'appareil jeté dans l'air

Digitized by Google

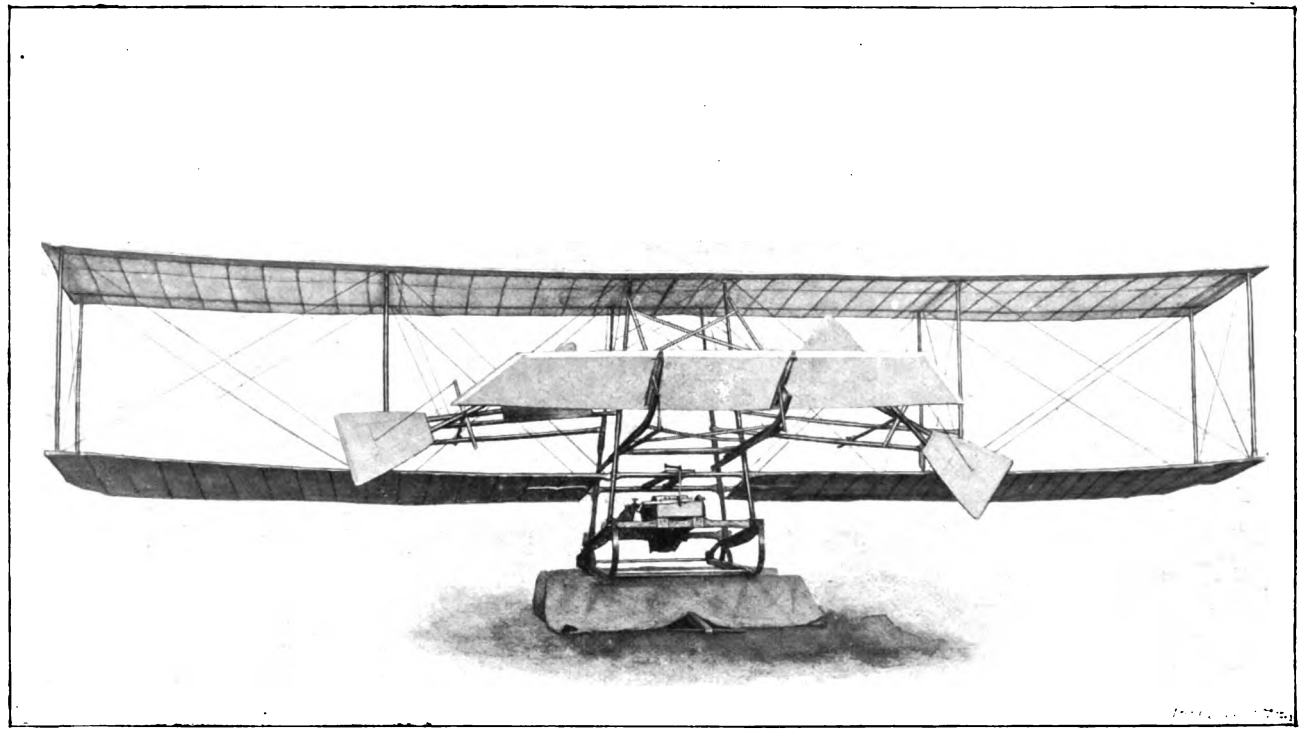


Fig. 96. — Aéroplane *Archdeacon* à moteur de 16 chevaux.

Digitized by Google

et sollicité par la gravitation universelle. Ce procédé donne des enseignements fort précieux, et le capitaine Ferber en a largement fait usage. Il a pu arriver à glisser obliquement dans l'air sur une pente de 20 °/₀, c'est-à-dire parcourir 100 m. en partant d'une surélévation de 20 m. Il a pu parvenir à franchir cette distance en ligne

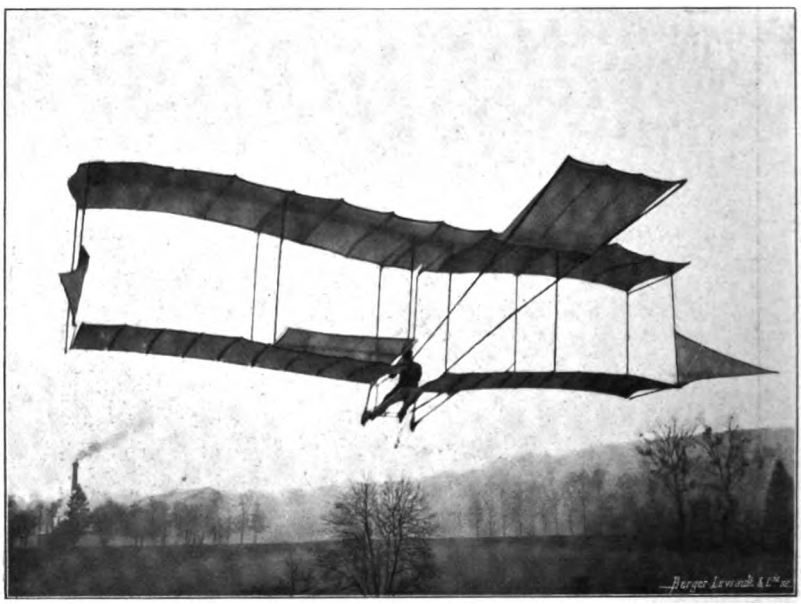


Fig. 97. — Aéroplane *Ferber* en glissade.

droite avec une assez grande sûreté, et à atterrir sans dommage au bas de la pente.

Malheureusement ce procédé, malgré ses avantages, a un gros inconvénient : il prend le problème à rebours. Dans l'aéroplane sans moteur employé de la sorte, de même que dans le véritable instrument de l'avenir à moteur, on demande aux plans obliques de décomposer la

Digitized by Google

résistance de l'air, mais dans ces deux appareils ce n'est pas dans le même sens. Dans le véritable aéroplane automatique on utilise deux forces, celle de la pesanteur qui est verticale de haut en bas, et celle de la propulsion qui est horizontale ou plus ou moins inclinée. Leur combinaison donne une résultante oblique, qui est le sens de la résistance de l'air; c'est elle que l'on s'efforce, par

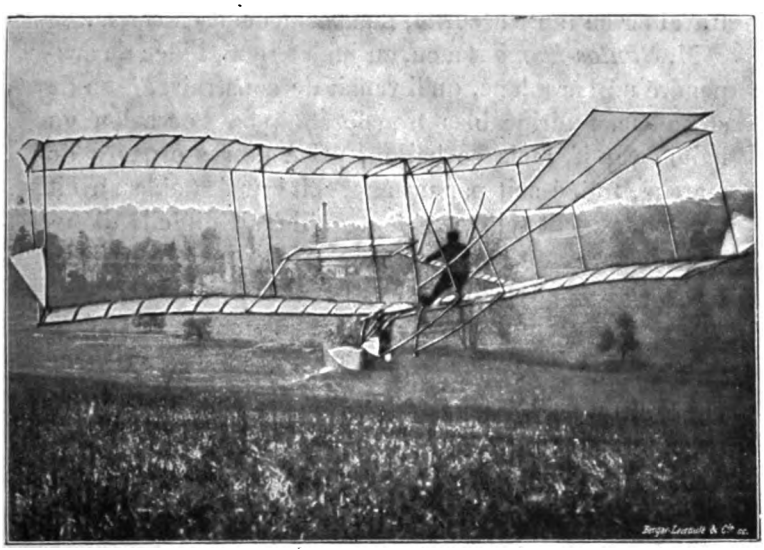


Fig. 98. — Le premier aéroplane à moteur (capitaine Ferber) qui ait été monté en liberté en Europe.

l'inclinaison des plans, de décomposer en deux éléments dont l'un doit combattre l'effort de la pesanteur, c'est-à-dire assurer l'équilibre vertical, et dont l'autre, horizontal, doit procurer le mouvement en avant.

Au contraire, l'aéroplane sans moteur n'obéit qu'à une force, celle de la pesanteur; il tend donc à descendre de haut en bas, ses surfaces obliques décomposent cette

Digitized by Google

seule force et obtiennent le mouvement en avant, ou plutôt un mouvement oblique.

Le troisième procédé consiste à essayer un aéroplane complet avec aviateur et moteur, mais en ayant soin de suspendre l'instrument à un tuteur mobile. Le capitaine Ferber a fait construire à cet effet une colonne, en haut de laquelle peut tourner un grand fléau. L'instrument, suspendu à l'extrémité d'un des bras du fléau, peut ainsi travailler en toute sécurité, mais seulement en cercle.

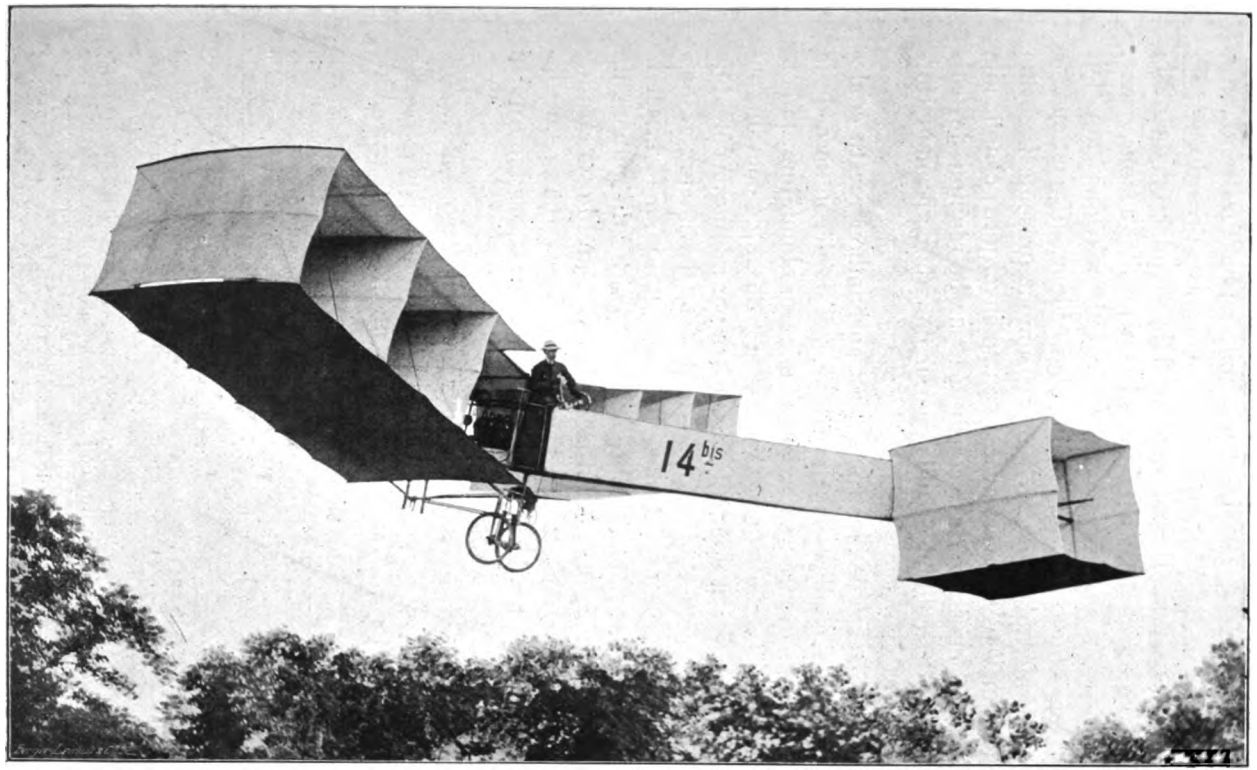
M. *Santos-Dumont* a eu, en juillet 1906, l'idée de suspendre un aéroplane, qu'il venait de construire, à un de ses anciens dirigeables transformé pour l'occasion en ballon captif, mais ce ballon, privé de ses organes de marche, traîné soit par un âne, soit par des aides, avait un déplacement tellement lent qu'il était difficile d'étudier sérieusement l'appareil à expérimenter.

Mais il a bientôt abandonné ce procédé rudimentaire, et s'est mis à faire des essais en adjoignant à son aéroplane des roues de bicyclette, grâce auxquelles il commence, après avoir mis son moteur en marche, par le déplacer à la surface du sol, attendant que la vitesse devienne suffisante pour que la résistance de l'air soulève l'appareil.

Ce procédé est simple et assez ingénieux, mais il a un inconvénient grave, c'est qu'il exige, pour l'atterrissage aussi bien que pour le départ, un sol nu et bien nivelé. On en trouve de convenables à Longchamps et à Bagatelle (bois de Boulogne), mais on n'en rencontre d'analogues que tout à fait exceptionnellement en pleine campagne. Ce procédé peut donc être excellent pour des essais, parce qu'on est libre dans ce cas de choisir son terrain, mais il ne paraît pas pratique pour les voyages aériens véritables.

En tous cas M. *Santos-Dumont* a assez bien réussi dans les expériences qu'il a exécutées en novembre 1906 sur le champ de manœuvre de Bagatelle avec son aéroplane

Digitized by Google



Ph. Rol.

Fig. 99. — Aéroplane *Santos-Dumont* enlevé par ses propres moyens (Nov. 1906).

Digitized by Google

dénommé *14 bis*. Il est parvenu, à plusieurs reprises, à s'enlever et à parcourir, à quelques mètres du sol, 50 puis 220 m. Il se trouve ainsi le premier tenant de la coupe Archdeacon (1). C'est là un résultat encourageant, bien que les frères Wright aient depuis longtemps fait beaucoup mieux, du moins d'après leurs affirmations.

L'aéroplane de M. Santos-Dumont présente la forme d'un V très ouvert avec 12 m. d'envergure; chaque aile (fixe et rigide) est constituée par la réunion de trois grandes cellules de toile comme dans le cerf-volant Hargraw.

Le corps de l'instrument est en bambou revêtu également de toiles blanches rigides. Il se décompose de la façon suivante : à l'arrière l'hélice en aluminium, puis le moteur extra-léger « Antoinette » de 20/24 chevaux pesant 36 kg et donnant 1 800 tours par minute; à côté, une minuscule nacelle d'osier où se tient l'aviateur; au-dessous, une paire de roues de bicyclette pour favoriser le lancer; enfin en avant, à 8 m. environ du moteur, un gouvernail, qui est lui-même une cellule de toile rigide ouverte à l'avant et à l'arrière; ce gouvernail peut s'incliner dans tous les sens, en hauteur aussi bien qu'en direction.

A côté de M. Santos-Dumont nous voyons MM. *Blériot* et *Voisin* expérimenter un aéroplane établi très sérieusement; M. *Vuia* en essaye un avec moteur à acide

1. En 1904, M. Ernest Archdeacon, un fanatique des sports aéronautiques, créa une épreuve comportant une coupe d'une valeur de 3 000 fr. destinée à l'aviateur qui aurait, le premier, franchi en France un parcours aérien contrôlé de 25 m. au moins; la coupe doit passer des mains du premier tenant à celle de l'aviateur qui réussirait à faire un parcours supérieur.

M. Santos-Dumont a le ferme espoir de gagner le prix Deutsch-Archdeacon fondé en 1905 et doté d'une allocation de 5 000 fr., en faveur de l'aviateur qui parcourra 1 000 mètres d'une envolée, en revenant au point de départ. Il parle même de concourir pour la course aérienne Paris-Londres en 1908! Nous sommes hélas encore loin de pareils résultats, car les appareils aériens manquent trop de stabilité pour qu'on puisse considérer le problème comme résolu! Espérons que M. Santos-Dumont ne s'illusionne pas trop en se croyant à la veille de la solution!

Digitized by Google

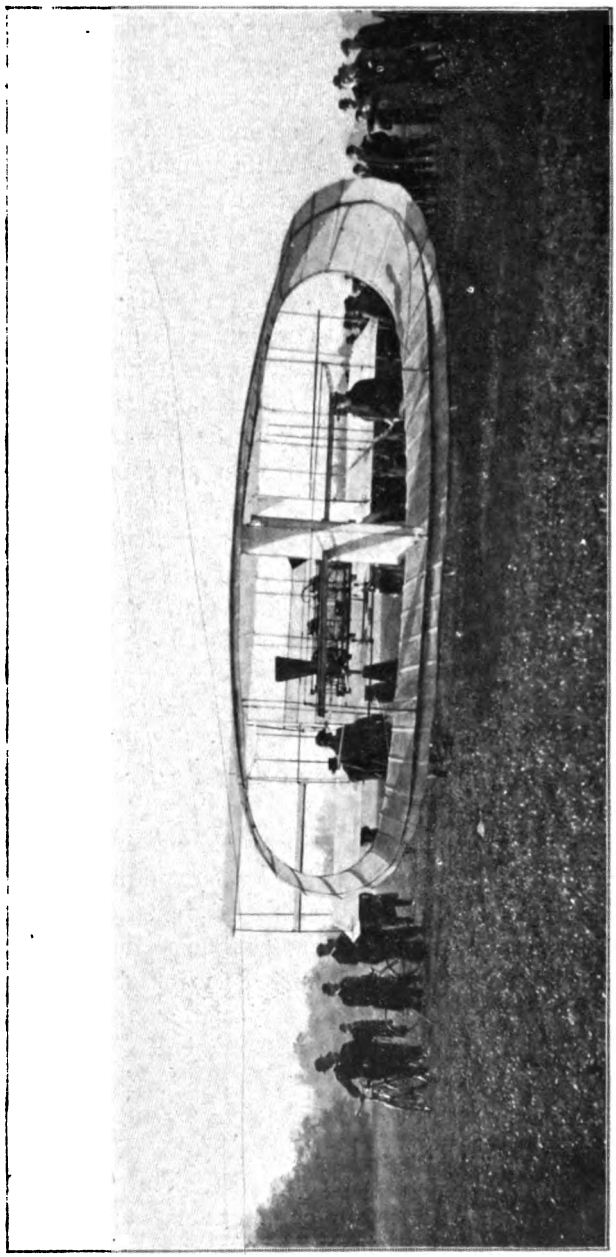


Fig. 100. — Aéroplane *Blériot* et *Voisin* (1906).

Digitized by Google

carbonique. M. *Kapferer* en fait construire un sur ses plans; le comte *de La Vaulx* vient d'en commander un à M. Tatin, etc., etc. C'est par centaines qu'il faudrait citer les tentatives et projets, rien qu'en France!

Les résultats les plus brillants qui aient été encore atteints sont dus aux Américains *Wright*. Après de longues et patientes expériences, ils ont pu arriver, ont-ils déclaré, à parcourir jusqu'à 40 km. d'une traite, à l'allure de 60 km. à l'heure, et revenir au point de départ. C'est possible, c'est même vraisemblable, mais leurs expériences ont été entourées d'un tel secret, que l'on ne peut, malgré l'indiscutable valeur de ces inventeurs, faire état de la réalité de leurs déclarations qu'avec certaines réserves, car on ne connaît pas les détails et les circonstances de ces essais. Ces messieurs ont proposé leur invention au gouvernement français pour un million, payable après exécution, devant commission, d'un parcours de 50 km. Cette proposition ne pouvait être acceptée pour bien des motifs : le premier, c'est que, s'il n'y a rien d'impossible à ce que les Wright aient réellement obtenu le résultat qu'ils affirment, il n'y a rien d'impossible non plus à ce que demain un Archdeacon, un Ferber ou un Santos arrivent à en faire autant.

Et puis, pourquoi ont-ils entouré leurs expériences de tant de mystère? On ne peut guère l'expliquer que parce qu'ils craignent que la seule vue de leur instrument suffise, malgré la protection trompeuse des brevets, si faciles à tourner, pour faire naître des imitations qui marcheraient aussi bien. S'il en est ainsi, dépenser un million pour acheter un secret qu'on ne pourrait pas garder eût été folie.

Enfin il paraîtrait que le gouvernement a répondu à leurs propositions en leur demandant s'ils pouvaient partir du sol même, en terrain plat, s'élever à 50 m. de hauteur, puis atterrir sur commandement; ils auraient

Digitized by Google

aussitôt renoncé à tout pourparler, laissant supposer par là que leur appareil ne peut fonctionner qu'en partant d'un point élevé, peut-être lancé par un propulseur extérieur, et qu'il n'est capable ni de s'élever au-dessus du point de départ, ni d'atterrir sans danger autrement qu'à un endroit préparé. Ce ne serait donc pas du tout encore un instrument pratique.

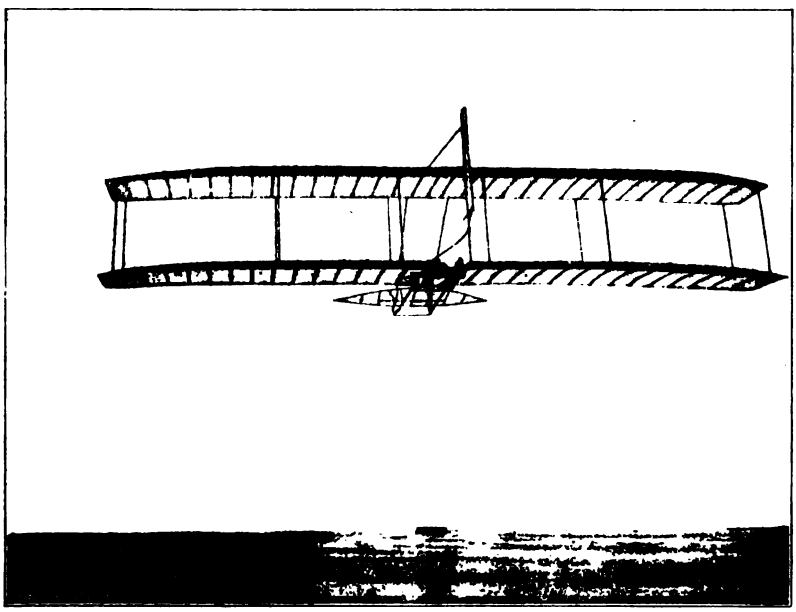


Fig. 101. — Aéroplane *Wright* (1902).

En tous cas, si nous n'avons pas encore vu d'aéroplane fonctionner convenablement, il est probable que nous en verrons bientôt. Les calculs du colonel Renard l'ont conduit à affirmer que le problème sera soluble lorsqu'on possédera des moteurs donnant 1 cheval-vapeur pour $1^{kg},500$. Le capitaine Ferber estime qu'il faut avoir le cheval-vapeur sous le poids de 1 kg. Or ces conditions

Digitized by Google

sont à peu près atteintes dès maintenant. On ne serait donc pas éloigné de la réussite, si les théories des Pénaud, des Renard et des Ferber sont justes.

Toutefois, il ne faut pas se dissimuler que l'aéroplane, au moins aujourd'hui, ne semble pas avoir encore complètement vaincu les trois grosses difficultés particulières de son emploi, celle du départ, celle de l'atterrissage et celle de la stabilité.

Le soulèvement de l'aéroplane est dû essentiellement à l'effort de l'air sur ses surfaces obliques; ce soulèvement ne peut donc se produire que s'il y a effort, c'est-à-dire vitesse assez grande de l'un par rapport à l'autre. Il faut donc commencer par donner une grande vitesse à l'instrument à la surface du sol avant qu'il ne s'enlève, autrement dit, le remorquer à l'aide d'une voiture, d'un canot automobile ou tout autre moyen, ou lui donner un point de départ élevé. Ces deux procédés ne sont guère pratiques. Que l'aéroplane s'élance et aille toucher terre ensuite en un lieu dépourvu de tracteur extérieur, le voilà condamné à rester sur le sol. Trouvera-t-il une consolation suffisante à se dire que certains oiseaux aux ailes longues et minces, par exemple les hirondelles, sont impuissants à se relever s'ils se posent sur quelque chose de plat?

On trouvera peut-être des moyens de départ plus heureux : certains oiseaux ne commencent-ils pas, avant de faire battre leurs ailes, par plier leurs pattes, qui, se détendant brusquement, les lancent, comme de puissants ressorts, en haut et en avant?

Le procédé le plus acceptable employé jusqu'ici semble être celui que différents aviateurs, et en particulier Santos-Dumont, ont essayé : munir l'instrument de roues lui permettant de commencer sa course à terre comme une automobile.

A l'atterrissage il se produit des difficultés de même ordre : de deux choses l'une, ou on arrêtera le moteur

Digitized by Google

et tout l'appareil se précipitera à terre en obéissant aux lois de la chute des corps, ou on ne l'arrêtera pas et, avec les grandes vitesses nécessaires pour assurer l'équilibre dans l'air, il y a lieu de se demander comment on pourra s'y prendre pour amortir le choc.

Toutefois, le capitaine Ferber arrive à obtenir des atterrissages fort doux avec son instrument sans moteur, en redressant les plans de son aéroplane afin de combattre la force acquise et d'utiliser toute la résistance de l'air pour amortir la descente verticale.

Enfin, jusqu'ici, la question de l'équilibre vertical n'est pas complètement résolue, à moins que les frères Wright n'aient trouvé un moyen pratique qu'ils conservent secret. Il faut remarquer qu'elle est particulièrement délicate à cause de la très grande variabilité, en intensité et en direction, des mouvements de l'air; à tout instant la valeur et le sens de la résistance de l'air changent, ce qui crée pour le maintien de l'équilibre des difficultés considérables et rend en tous cas cet équilibre extrêmement instable.

Conclusion. — Les résultats obtenus jusqu'ici ne sont encore que des premiers pas d'enfants, mais peu à peu la théorie des appareils d'aviation s'affirme, et les progrès continuels des moteurs permettent d'espérer que bientôt on possédera une force suffisante pour s'élever et se soutenir dans les airs.

Lorsqu'on disposera de cette force, il y aura encore à résoudre les autres parties du problème, celles de la stabilité, de la direction, du départ, de l'atterrissage, parties que l'on peut, heureusement, étudier auparavant d'une façon distincte, préparant ainsi la voie.

On peut se demander quel est celui des trois appareils dont nous venons de parler qui a le plus de chance de réussir.

Écartons d'abord l'orthoptère, dont nous avons signalé

Digitized by Google

les défauts irrémédiables, à moins de découverte absolument imprévue jusqu'ici.

L'hélicoptère a sur l'aéroplane un gros avantage, c'est qu'il peut s'élever par ses propres moyens sans difficulté. Il aura également celui de pouvoir ralentir sa marche et même stationner en l'air, ce que ne pourra jamais l'aéroplane, obligé, de par son principe même, à une vitesse minimum indispensable pour le soutenir dans l'espace.

Par contre, il faut à l'hélicoptère deux moteurs et deux systèmes d'hélices, les uns pour l'ascension ou l'équilibre vertical, les autres pour la propulsion, ou bien, ce qui revient au même, un moteur très fort agissant sur les deux sortes d'hélices ou donnant par des hélices obliques les deux effets à la fois.

Au point de vue dynamique, l'aéroplane aura toujours le gros avantage d'être le seul appareil qui utilise la résistance de l'air pour son équilibre vertical ; il n'a ainsi qu'à assurer son mouvement en avant, tandis que cette résistance est absolument perdue avec l'hélicoptère, comme, d'ailleurs, avec tous les autres appareils de locomotion aérienne.

La conséquence de cette remarque est que l'hélicoptère, pour bien fonctionner, demandera un moteur bien plus puissant que l'aéroplane ; il est donc probable que nous ne le verrons réussir que plus tard, et ensuite donner, pour un déploiement de force identique, des vitesses plus faibles.

Il est vrai que le jour où tous deux seront bien maîtres de leurs mouvements, l'hélicoptère conservera, en plus de ceux que nous venons déjà d'indiquer, l'avantage d'être moins fragile, de ne pas être embarrassé de grands plans, compliqués et sujets à se fausser. Enfin son équilibre sera toujours plus facile et plus sûr.

De tout cela nous nous permettrons de conclure que, en fait de machines volantes, c'est vraisemblablement

Digitized by Google

l'hélicoptère qui dira son mot le dernier; mais qu'il le dira mieux que tous les autres, à moins que l'appareil de l'avenir ne soit une combinaison des deux systèmes, profitant des avantages de l'un et de l'autre.

Maintenant, pouvons-nous pronostiquer quelque chose de la grande lutte du plus léger contre le plus lourd que l'air ?

L'un a déjà fait ses preuves avec le *Lebaudy,* l'autre en est encore à la période de tâtonnements.

Le dirigeable, nous l'avons vu, est susceptible de beaucoup de perfectionnements et peut donner bien plus qu'il ne donne déjà aujourd'hui; les appareils d'aviation de toutes sortes, de leur côté, fonctionneront un jour ou l'autre, c'est probable, et, le jour où ils fonctionneront avec sûreté, ils détrôneront certainement le dirigeable, parce qu'ils seront beaucoup moins sensibles à la résistance du vent ou à l'effort des tempêtes, par conséquent pourront aller bien plus vite, surtout enfin parce qu'ils coûteront beaucoup moins cher et pourront, seuls, être à la portée des fortunes modestes, et servir par conséquent au commerce et à l'industrie, tout comme les voitures automobiles actuelles, en un mot devenir des instruments vraiment pratiques. Ce seront de réelles automobiles aériennes, tandis que le ballon dirigeable ne pourra être, quoi qu'il advienne, qu'un véhicule de grand luxe, plus agréable peut-être, mais abordable pour bien peu, ou un dispendieux engin de guerre.

Un dirigeable comme le *Lebaudy* coûte aujourd'hui 200 000 à 300 000 fr. En admettant même une grosse diminution de prix apportée par des simplifications et la concurrence, il coûtera toujours fort cher. Il nécessite, en outre, une coûteuse installation (100 000 à 200 000 fr.) et de gros frais de personnel et d'entretien (20 000 à 30 000 fr. par an), tandis qu'il n'y a pas de raison pour qu'un hélicoptère ou un aéroplane soit plus coûteux qu'une voiture automobile. Il est même probable qu'ils

Digitized by Google

seront d'un prix de revient moindre, car ils comporteront moins d'œuvre de carrosserie et n'useront pas de dispendieux pneumatiques.

Nous avons dit que le plus lourd que l'air triompherait du plus léger le jour où il fonctionnera avec sûreté.

Mais nous nous permettons, au risque d'indisposer tous les aviateurs, aéroplaneurs et hélicoptériens, de déclarer que ce jour n'arrivera, à moins de progrès très brusque et très inattendu de la science, que dans très longtemps, et voici pourquoi :

La panne, la fâcheuse panne est, pour les automobiles, un incident assez fréquent mais presque toujours (?) sans aucune gravité. Le plus souvent on en est réduit à un arrêt de quelques minutes; aussitôt la cause du mal trouvée, le remède, généralement facile, est appliqué, et on repart. Parfois le mal est un peu plus grand, mais on en est quitte pour réquisitionner les services d'une paire de bœufs ou de mulets et faire, avec cet attelage pittoresque, une entrée triomphale dans la ville prochaine, d'où une voie ferrée transportera le véhicule chez son chirurgien, si on ne peut le réparer sur place.

Pourquoi ne pas admettre que la panne n'advienne tout aussi bien aux moteurs des automobiles aériennes?

Alors, voyons ce qui se passera :

Qu'un arrêt se produise dans le fonctionnement du moteur d'un dirigeable, il n'y aura que demi-mal : le dirigeable sera simplement transformé plus ou moins longtemps en ballon libre. Le chauffeur cherchera la cause de l'incident; s'il est possible, il remettra la machine en état; si cela ne se peut pas, l'aéronaute sera réduit à chercher un courant de vent favorable, puis à atterrir, le plus à proximité possible d'une ville, à un endroit propice, pour faire réparer le moteur.

Que le même accident arrive à un appareil plus lourd que l'air de système quelconque, tout est perdu : appareil et aéronautes, n'étant plus soutenus par rien dans

Digitized by Google

l'atmosphère, se précipitent vers le sol, conformément aux lois de la chute des corps[1].

Une telle perspective n'effraye peut-être pas outre mesure les hardis chercheurs qui, véritables soldats de la science, risquent leur existence, dans un but désintéressé ou non, sans peser le danger. Mais croit-on qu'elle soit de nature à faire des hélicoptères ou aéroplanes des véhicules pratiques, capables de tenter les amateurs de sport ou les industriels, ou réellement susceptibles de rendre des services aux armées?

Non, à notre humble avis, ces instruments n'auront tout à fait triomphé des difficultés qui leur barrent la route et ne sortiront de la catégorie des instruments d'expérience, que le jour où le rendement des moteurs arrivera à être tel qu'il soit possible d'installer à bord, non pas un mais *deux* moteurs.

Quand on pourra avoir deux moteurs indépendants, à hélices indépendantes, dont chacun suffira au moins à éviter la chute brusque, alors seulement l'appareil présentera assez de garanties pour qu'on puisse se livrer à lui en toute confiance. Ce jour-là, mais ce jour-là seulement, le plus léger que l'air aura été détrôné par le plus lourd que l'air.

En attendant — et nous sommes loin d'un tel résultat — c'est au ballon dirigeable seul qu'il faudra se contenter de demander les applications qu'il est susceptible de donner.

---

1. On a bien essayé un moyen de ralentir cette descente : le parachute. Des individus seuls, non alourdis par des appareils pesants (en particulier Mlle Paulus, en 1900), sont bien parvenus à effectuer des descentes dans de bonnes conditions. Mais autre chose est de le faire avec son propre poids de 50 à 70 kg, ou avec les quelques centaines de kilogrammes que pèsera toujours, au minimum, une machine volante chargée. On n'entrevoit donc même pas, actuellement, la possibilité d'utiliser le parachute avec ces instruments.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

LA SOLUTION MIXTE

Il fut un temps où, adversaires intransigeants, les partisans des deux écoles n'admettaient que leur théorie.

Aujourd'hui, on comprend mieux la discussion et, même, le partage des idées.

Il n'y a donc rien d'impossible à ce que la transition ne se produise pas brusquement, mais au contraire progressivement, par la réunion sur le même engin des deux systèmes; nous verrons peut-être bientôt des dirigeables dotés de plans d'aéroplanes ou d'hélices d'hélicoptères et peu à peu le volume du ballon diminuera tandis que l'hélice verticale et les plans prendront de l'importance.

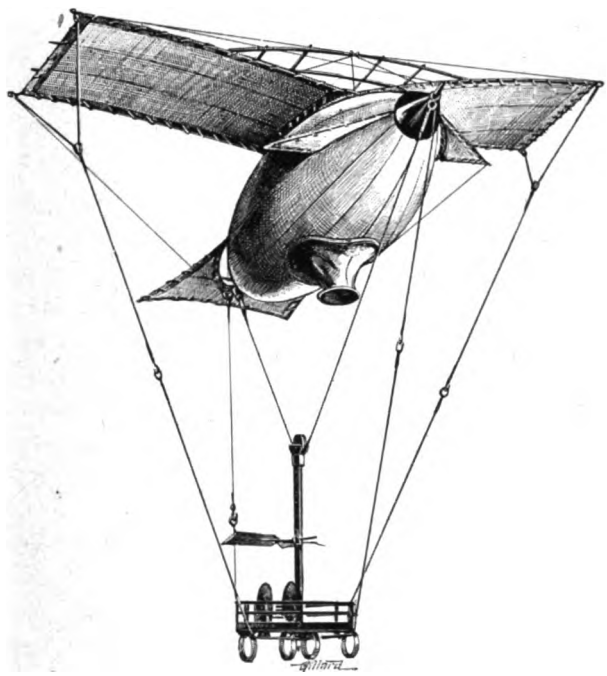
D'ailleurs déjà ne trouvons-nous pas un embryon de cette juxtaposition des deux systèmes dans les plans déroulables de l'avant du *Lebaudy* et dans les ailerons de la *Patrie?* L'*Italia,* le *Parseval,* ont également des plans inclinables.

L'idée du système mixte n'est pas nouvelle. Sans parler d'instruments plus anciens, nous en trouvons un exemple très curieux : le ballon planeur l'*Avisol,* conçu, il y a une vingtaine d'années, par M. Arsène Olivier. Ce dirigeable avait l'aspect d'un gigantesque oiseau, dont le corps était représenté par un ballon ovoïde à carcasse métallique. De grands plans de part et d'autre, qu'un système de cordages permettait d'abaisser à volonté, jouaient le rôle d'ailes, un dernier plan, à l'arrière, remplissait l'office de queue. Enfin une hélice ascensionnelle, au-dessus de la nacelle, facilitait les mouvements de bas en haut. C'était donc à la fois un ballon, un orthoptère,

Digitized by Google

un aéroplane et un hélicoptère. Il est vrai qu'il manquait à ce projet un organe essentiel, le propulseur, que l'inventeur espérait à tort pouvoir remplacer par le battement des ailes de son appareil, puis par leur inclinaison après le lancement.

Tout récemment, en 1901 (4 et 5 septembre), nous



Cl. Vuibert et Nony.

Fig. 102. — Projet de ballon planeur l'*Avisol* d'Olivier (1884).

avons pu assister aux tentatives d'ascension d'un immense appareil fort original construit par M. *Roze,* et qui peut rentrer dans la catégorie des aéronats mixtes.

Il se composait de deux grands ballons fusiformes identiques, de 45 m. de long, placés parallèlement, à 4 m. d'intervalle, et reliés par une armature en aluminium.

Digitized by Google

Les organes de propulsion, la nacelle, etc., se trouvaient entre les deux ballons.

M. Roze ne comptait pas sur ses ballons pour obtenir la force ascensionnelle proprement dite, il ne leur demandait que de contre-balancer le poids de tout l'appareil, et il cherchait cette force ascensionnelle uniquement dans le jeu d'hélices à axe vertical.

Au-dessus de la nacelle, un certain nombre de surfaces rectangulaires pendant verticalement à l'état de repos étaient destinées à prendre une position horizontale et à jouer le rôle de parachute en cas d'accident au cours d'une ascension.

Cet appareil avait plusieurs gros défauts : le premier, c'est que, seul peut-être de tous les aéronats construits en France, il prétendait rompre avec la méthode française, qui assure la permanence de la forme par le ballonnet et employer la manière allemande, la carcasse rigide. La conséquence a été que son appareil, mal calculé d'ailleurs, et beaucoup trop lourd, n'a pas pu s'enlever.

Ensuite, s'il avait pu s'enlever, il n'aurait pas pu avancer, car le mouvement en avant n'était commandé que par un moteur de 20 chevaux, force bien insuffisante pour une surface de résistance aussi considérable que celle qu'offraient les deux ballons.

Enfin, que fût devenu cet appareil compliqué dans les airs ? Peut-on raisonnablement supposer qu'on aurait pu arriver à maintenir continuellement les deux ballons à une force ascensionnelle identique ? Dès que la force de l'un aurait dépassé celle de l'autre, n'y aurait-il pas eu renversement latéral plus ou moins accentué ?

D'ailleurs, ce système n'a pas pu quitter le sol, que ce soit par suite de calculs inexacts, ou de perte exagérée de gaz au travers de l'enveloppe, qui ne paraissait pas d'une étanchéité parfaite. La réussite de détails comme ceux-là est indispensable pour pouvoir pousser à bout une expérience.

Digitized by Google

Nous mettrons dans la catégorie des aéronats mixtes celui de l'Italien Da Schio, *la Italia,* que nous avons décrit plus haut et qui comporte quatre plans inclinés destinés à procurer les mouvements verticaux.

M. Da Schio est partisan du plus lourd que l'air ; pour lui, le ballon n'est que l'accessoire ; mais la question ne lui paraissant pas encore possible à solutionner d'un seul

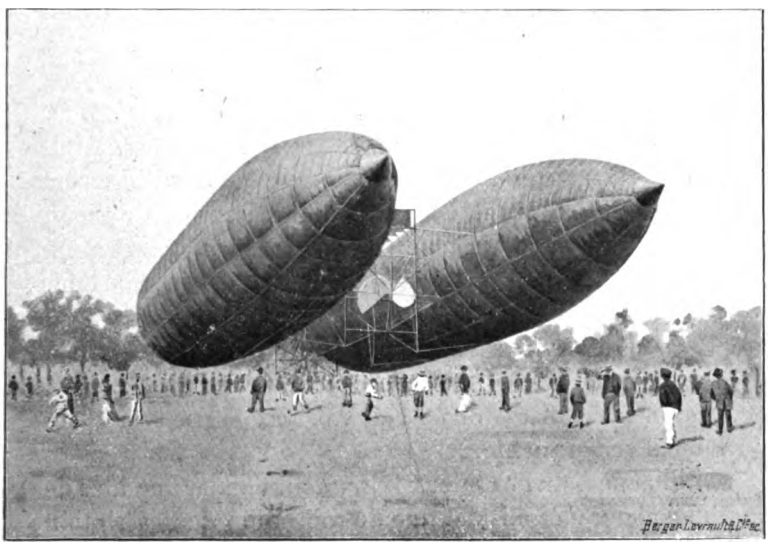


Fig. 103. — Aéronat mixte à double ballon de Roze (1901).

coup dans ce sens, il veut, pour pouvoir l'étudier méthodiquement, commencer par attacher son appareil à un ballon, comme le nageur débutant se ceint d'un bloc de liège.

Il existe actuellement un projet qui est déjà presque une réalité et qui est scientifique, partant intéressant, celui de MM. *Robert* et *Pillet.*

Il s'agit d'un dirigeable doublé d'un hélicoptère. Dans

Digitized by Google

cet appareil, les hélices ascensionnelles n'ont pas la prétention d'équilibrer tout l'ensemble. Elles ont seulement pour but d'obtenir, avec des dépenses beaucoup moindres de lest et de gaz, les mouvements d'élévation et d'abaissement qui seront nécessaires au cours d'une ascension, surtout dans les applications militaires, qu'il s'agisse de s'approcher du sol pour mieux voir et mieux tirer ou de s'en éloigner pour échapper aux coups de l'artillerie ennemie. Ce perfectionnement peut donc avoir pour résultat d'augmenter considérablement le rayon d'action et la facilité de manœuvre du dirigeable.

L'appareil de MM. Robert et Pillet sera un aéronat, mais un aéronat dont les organes mécaniques prendront une importance toute particulière. C'est à eux que seront demandés tous les mouvements d'avancement, de recul, d'arrêt, de virage, de montée et de descente; le ballon proprement dit ne sert que de bouée de sustentation dans l'espace.

Or, cette partie est entièrement construite, on peut la voir dans l'atelier de M. Pillet à Vincennes, et il n'est pas un spécialiste qui ne l'ait vue sans la déclarer absolument remarquable.

Nous ne pouvons mieux faire, pour donner une idée de l'ingénieux mécanisme, que de reproduire la description qu'en donne M. de Masfrand dans *l'Aérophile*.

Ce nouvel engin est, dans son ensemble, d'une conception très personnelle et présente dans ses détails de nombreuses dispositions tout à fait nouvelles.

La nacelle, qui recevra, outre l'équipage, le moteur, la commande des hélices arrière, celle de l'hélice avant, et un organe mécanique spécial dénommé centro-distributeur de mouvement, sur lequel nous reviendrons, est constituée par une sorte de cage rectangulaire en tubes d'acier de 40 à 44 mm. de diamètre, épais de 1 à 4 mm. Elle est haute de 5 m., large de $1^{m},50$ et longue de 2 m.

A la partie inférieure, se meut une paire d'hélices ascensionnelles.

Cette nacelle est prolongée à l'avant et à l'arrière par des

Digitized by Google

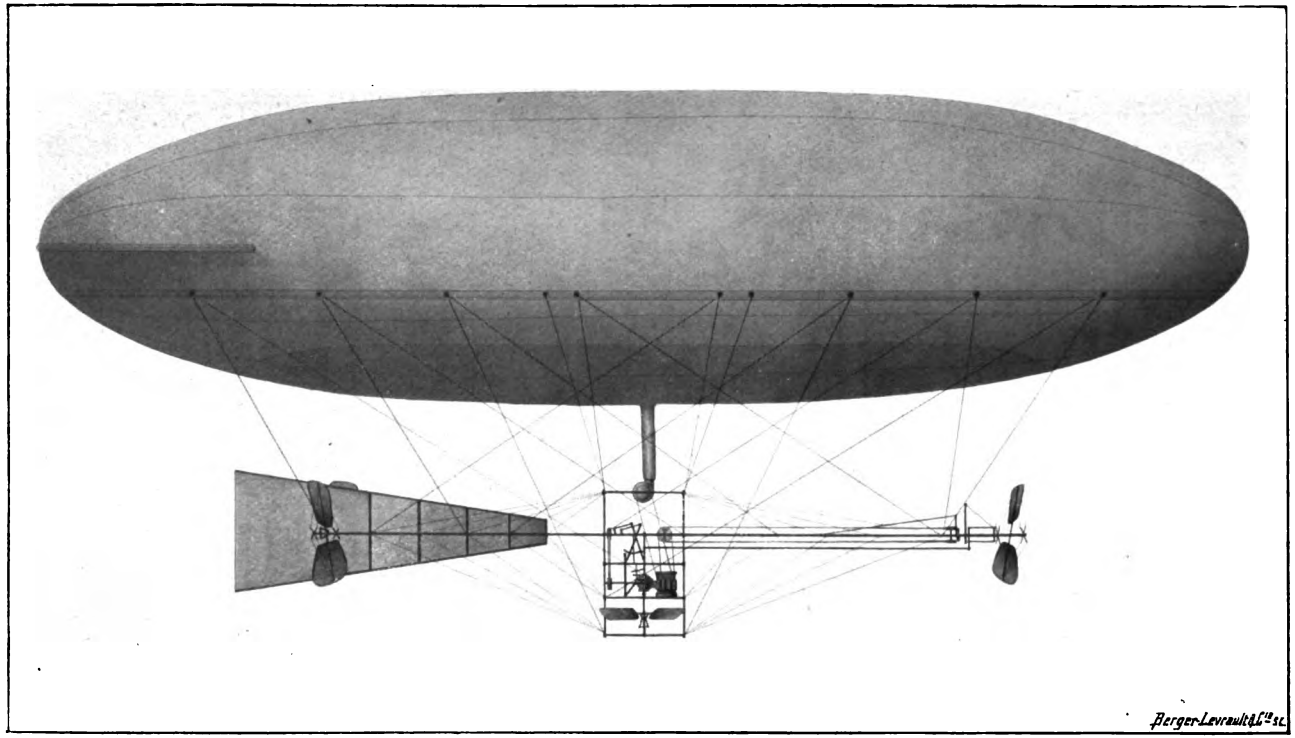


Fig. 104. — Aéronat mixte *Robert* et *Pillet* (en construction).

Digitized by Google

châssis horizontaux rectangulaires en tubes d'acier supportant les arbres des hélices et le gouvernail. Les tubes sont assemblés par des raccords (acier et ferro-nickel) brasés et consolidés par des haubans et des tirants en fil d'acier de $2^{mm},7$, réglés par des tendeurs de façon à assurer à l'ensemble la rigidité nécessaire.

Le système propulseur se compose de trois hélices à axe horizontal : deux sont placées à l'arrière, à droite et à gauche, dans le même plan de rotation et assez rapprochées l'une de l'autre. La troisième hélice, tractive, est placée à l'avant. Ces trois hélices ont chacune un diamètre de $3^{m},10$. Le pas des deux hélices d'arrière est variable et réversible. Celui de l'hélice avant est fixe mais son sens de rotation peut être inversé.

Les organes mécaniques, destinés à assurer la stabilité verticale, consistent en deux hélices à axe vertical, placées à la partie inférieure de la nacelle; leur diamètre est de $2^{m},40$; leur pas est réversible et elles sont destinées, soit à maintenir l'aéronat à l'altitude choisie, soit à faire varier à volonté cette altitude. Au moment où, de divers côtés et par divers moyens tels que l'emploi du ballonnet à air et celui des hélices-lest, on se préoccupe d'obtenir, pour les sphériques, un équilibre d'altitude aussi parfait que possible, il est intéressant de noter que MM. Robert et Pillet, par leur système d'hélices à axe vertical, à pas réversible, ont depuis longtemps donné une solution du problème par un dispositif mécanique d'une grande simplicité et qui peut être expérimenté à bord d'un ballon quelconque.

Il est nécessaire de dire quelques mots des hélices toutes spéciales employées dans la construction; comme on l'a vu, elles sont au nombre de cinq, dont quatre à pas variable et réversible. Elles sont à deux branches et ces branches sont composées d'un rayon central autour duquel peut osciller, au moyen de biellettes de renversement, un plan plat et sans aucun gauchissement. Par suite, quand les branches sont dans le plan de rotation, le pas est nul. Dès que les branches s'écartent de cette position, le pas varie. Cette ingénieuse disposition est applicable, non seulement aux hélices aériennes, mais à toutes sortes d'hélices motrices.

La direction doit être obtenue par l'emploi séparé ou simultané de divers moyens. A la partie postérieure, en arrière des deux hélices propulsives, existe un gouvernail vertical ordinaire de 3 m. de long. De plus, les hélices arrière, grâce à leur pas réversible, peuvent aussi agir sur la direction, l'une en tirant, l'autre en retenant. Enfin l'hélice d'avant, montée sur cardan, a son axe inclinable dans un plan horizontal et peut, en tirant obliquement, influer à son tour sur la direction.

Digitized by Google

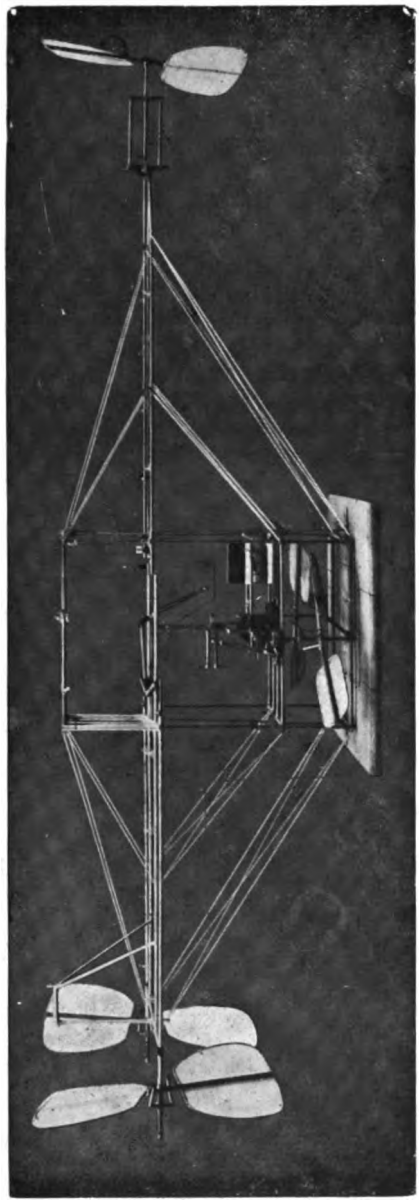


Fig. 105. — Partie mécanique (achevée) de l'aéronat mixte *Robert* et *Pillet*.

Digitized by Google

Pour obtenir l'arrêt du système, l'hélice d'avant est neutralisée, les palettes des deux hélices d'arrière sont mises dans un même plan vertical. On obtient ainsi une importante surface supplémentaire dont la résistance à l'air fait l'office d'un frein puissant. En braquant les hélices légèrement dans la position de marche arrière, on réalise encore plus vite le mouvement d'arrêt.

La marche arrière sera provoquée par l'action des mêmes hélices d'arrière, dont les palettes sont renversables, et par l'action simultanée de l'hélice d'avant à pas fixe, mais dont le sens de rotation peut être inversé.

L'ensemble du mécanisme sera actionné probablement par un moteur Aster de 35 chevaux, qui imprimera aux hélices une vitesse de 250 tours à la minute.

Nous ne pouvons détailler ici nombre d'ingénieux dispositifs, qui font de l'aéronat Robert et Pillet une remarquable pièce de mécanique. Signalons seulement le système centro-distributeur de mouvement, avec commande de mouvement par chaîne d'acier à tétons, grâce auquel un seul homme suffit à actionner les multiples organes de l'appareil et à exécuter les manœuvres, en apparence si complexes que nous avons décrites (1).

La partie aérostatique, dont la construction est confiée à M. Surcouf, consistera en un ballon cylindro-fusiforme en étoffe caoutchoutée double pesant 360 gr. par mètre carré et mesurant 38 m. de long sur $9^{m},50$ de diamètre pour un volume de 2 100 m^3.

A l'intérieur du ballon proprement dit sera établi un ballonnet à air de 220 m^3 environ, alimenté par un ventilateur actionné par le moteur de l'aéronat et auxiliairement, en cas de panne, par un petit moteur électrique indépendant. Ce ballonnet sera cloisonné, de façon à limiter le mouvement de l'air en cas de tangage.

Le ballon sera solidement relié à la nacelle par une suspension triangulaire indéformable en câble d'acier de $4^{mm},5$ de diamètre, à âme en chanvre, formée de 114 fils de $0^{mm},3$ dont la charge de rupture est de 1 600 kg.

Tels sont les principaux organes de l'aéronat mixte Robert et Pillet. Bien qu'il n'ait pas encore reçu la consécration de l'expérience, on peut affirmer qu'il constitue un remarquable travail, un louable effort vers le mieux.

On y remarque surtout le soin et la perfection apportés dans la

1. Toute cette partie mécanique, dont tous les frottements sont à billes, est d'une telle perfection de construction, que nous avons pu, par l'effort d'un seul doigt jouant le rôle de moteur, mettre en marche à bonne vitesse les cinq hélices à la fois (*N. de l'A.*).

Digitized by Google

construction. Cela est d'autant plus méritoire que MM. Robert et Pillet ont exécuté eux-mêmes, avec leurs propres ressources, et, chose incroyable, étant donné le fini du travail, avec un outillage rudimentaire, toute la partie mécanique. Des agencements cinématiques heureux, des dispositions ingénieuses et rationnelles y abondent.

Est-ce à dire que le nouvel aéronat soit à l'abri de toute critique? Évidemment non. La multitude des organes entraîne fatalement quelque complication. La forme des hélices est loin d'être parfaite au point de vue du rendement. L'action du gouvernail gagnerait sans doute en efficacité si cet organe était reporté plus en arrière.

Peut-être les hélices arrière agiraient-elles plus utilement sur la direction, si elles étaient plus écartées. En ce qui concerne l'action directrice de l'hélice avant tirant obliquement, il serait plus avantageux de placer le point de traction tout à fait à l'avant du système.

MM. Robert et Pillet n'ignorent point, d'ailleurs, les objections qui peuvent leur être faites, et justement, leur appareil est destiné à les tirer au clair, ainsi que plusieurs autres points très controversés en locomotion aérienne.

L'aéronat que nous venons de décrire est, en effet, un appareil destiné à faire des études, plutôt qu'un appareil définitif. Ses constructeurs estiment avec raison que l'expérience seule peut permettre de trancher certaines questions. Par exemple, vaut-il mieux avoir une hélice en avant, ou, au contraire, à l'arrière, ou en mettre plusieurs placées à chaque extrémité de l'appareil? Peut-on se passer d'un gouvernail, grâce à un dispositif spécial? La stabilité longitudinale est-elle assurée en procédant à un déplacement du centre de gravité sur la verticale passant sur l'axe du système? Quel est le meilleur pas à donner à une hélice pour lutter contre un vent déterminé? etc... etc...

C'est pour cela que la partie mécanique de ce premier appareil est volontairement très compliquée, les auteurs du projet s'étant proposé, à tort ou à raison (les essais le diront), de résoudre plusieurs problèmes à la fois. Les appareils ultérieurs seront donc beaucoup plus simples.

On voit que les deux laborieux chercheurs ne se croient pas parvenus du premier coup à la perfection et qu'ils poursuivent leurs travaux avec un esprit de suite et une ténacité scientifique qui les honorent.

MM. Robert et Pillet ont dépensé pour la construction de cette intéressante partie mécanique environ 50 000 fr.,

Digitized by Google

essais compris. D'après les devis qui leur ont été faits par M. Surcouf, le ballon, qui reste encore à faire, ne coûterait pas plus de 25 000 fr. En ajoutant 15 000 fr. pour aléas divers, cet aéronat ne reviendrait pas, d'après eux, à plus de 90 000 fr., pour ce modèle d'essai, et 60 000 à 70 000 fr. pour un modèle définitif ou 100 000 à 150 000 fr. pour un modèle plus grand. La modicité relative de ces chiffres étonne un peu ; il faudrait attendre l'achèvement de l'engin pour voir si ces messieurs ne se font pas à ce sujet quelque illusion.

On peut d'autre part émettre des doutes sur la solidité de cet ensemble métallique de grandes dimensions, qui ne paraît guère susceptible de supporter des chocs tels que ceux, inévitables parfois, de l'atterrissage.

Enfin, MM. Robert et Pillet ne se sont encore sérieusement préoccupés que de cette partie mécanique. Le ballon lui-même n'existe qu'à l'état de projet ; ils ont bien établi les calculs et les plans, et prévu notamment un système d'empennage sommaire basé sur le principe général de M. Julliot. Mais cette partie n'a pas encore été étudiée dans les détails et n'a pas encore été éprouvée. Nous ignorons donc complètement dans quelle mesure elle résoudra la question capitale de la stabilité de marche.

Pour le moment l'aéronat reste inachevé, faute de fonds, les inventeurs ayant déjà consacré à leur œuvre tout ce dont ils pouvaient disposer. Ils ont offert à l'État de lui faire don de tout ce qui est déjà fait, à charge pour lui de terminer la construction et de procéder aux essais définitifs.

Nous ne pouvons que désirer que, par un moyen quelconque, cet aéronat mixte soit achevé et expérimenté. Si l'État ne consent pas à s'en charger, espérons que quelque riche sportsman se décidera à prendre à sa charge les frais relativement réduits nécessaires pour mener l'épreuve jusqu'au bout.

Digitized by Google

Il semble en effet, qu'en dehors de toutes les questions de détail, il y ait un intérêt de premier ordre à étudier expérimentalement si, en l'état actuel des procédés connus, les résultats obtenus dans les mouvements de montée et de descente au moyen d'hélices ascensionnelles justifient l'augmentation de poids du moteur et la dépense d'essence que ces hélices entraînent. Le calcul est insuffisant pour répondre à cette question. L'expérience seule pourra la résoudre.

Ceci nous amène à regretter que les efforts faits en vue de la résolution du grand problème de la locomotion aérienne restent efforts individuels. Chaque inventeur, bien entendu, a ses idées personnelles et s'en dégage difficilement. En outre, les brevets des autres lui lient plus ou moins les mains. Le dirigeable étant devenu instrument militaire, il y aurait peut-être intérêt à ce que, au lieu de se contenter de profiter simplement de ces efforts individuels, l'État réunît le fruit de tous les efforts sérieux, achète les brevets dûment éprouvés et consacre une somme suffisante à des essais, à la suite desquels il pourrait faire construire à très bon compte, avec ses moyens matériels et sa main-d'œuvre, par des ingénieurs civils ou militaires, un certain nombre d'engins du modèle adopté. C'est d'ailleurs à peu près ce qui se passe dans nos grandes manufactures. C'est aussi ce qui semble avoir été fait en Allemagne avec la commission d'étude organisée récemment par l'empereur.

Digitized by Google

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE

LE RÔLE DU DIRIGEABLE

CHAPITRE IX

LE DIRIGEABLE COMME INSTRUMENT DE TRAFIC, DE SPORT ET DE SCIENCE

Trafic. — Et maintenant à quoi peuvent bien servir les dirigeables ?

Cette question est d'autant plus importante que la rapidité des progrès qui seront faits dépend beaucoup de l'intérêt ou de l'utilité que peut présenter leur emploi, soit au point de vue industriel et commercial, soit au point de vue sportif. Le prodigieux développement des automobiles est dû à ce qu'on s'est rapidement rendu compte des services réels d'économie de temps, de facilités de communications qu'ils devaient rendre en quantité d'occasions. En sera-t-il de même du dirigeable ? Ce n'est pas probable, car ce navire aérien, au moins pendant longtemps encore, sera trop encombrant, trop fragile, trop dispendieux et d'un rendement trop faible pour être un moyen de transport réellement pratique.

Dans la plupart des cas l'automobile continuera à lui être infiniment préférable.

Il y aura cependant quelques cas particuliers où l'on se

Digitized by Google

demande si l'aéronat ne sera pas employé un jour : ce sont ceux où l'automobile ne peut pas ou ne peut que mal remplir son office d'agent de communication rapide : par exemple pour les relations entre pays séparés par la mer ou par des chaînes montagneuses aux routes rares et difficiles, interdites même complètement en hiver. En ces temps de fièvre, où les minutes valent quelquefois de l'or, le dirigeable pourra offrir ses services chaque fois qu'il procurera une économie de temps. Par exemple le voyage Paris-Londres, par train rapide, dure au minimum sept heures, auxquelles il convient d'ajouter tout le temps pendant lequel il faut attendre l'un des trains rapides, lesquels ne sont pas très nombreux dans une journée. La *Patrie* ferait, par temps absolument calme, ce même voyage en huit heures, en partant au moment du besoin ; il y aurait par conséquent avantage, en moyenne. En outre, en cas de vent favorable, le parcours serait réduit à quatre ou cinq heures. Il n'y a donc, on le voit par cet exemple, rien d'impossible à ce que dans quelques années on songe à exploiter ce nouveau mode de locomotion comme moyen de communication rapide entre certains points.

Il est vrai qu'il faut, pour être juste, remarquer que ce mode de locomotion conservera toujours un caractère plus ou moins aléatoire, car par vent contraire il perdra sa rapidité ou pourra même être rendu impossible.

Néanmoins il est incontestable que les applications industrielles du véhicule aérien seront limitées ; on s'adressera plutôt aux machines volantes, moins dispendieuses, moins gênantes et peut-être plus rapides, si jamais elles parviennent à sillonner les airs avec sûreté.

Ce peu d'avenir probable du dirigeable comme instrument commercial et les frais considérables qu'exige toute expérience de ce genre expliquent pourquoi les essais sont, somme toute, assez rares. Combien d'inventeurs, à commencer par Meusnier, ont été arrêtés par la ques-

Digitized by Google

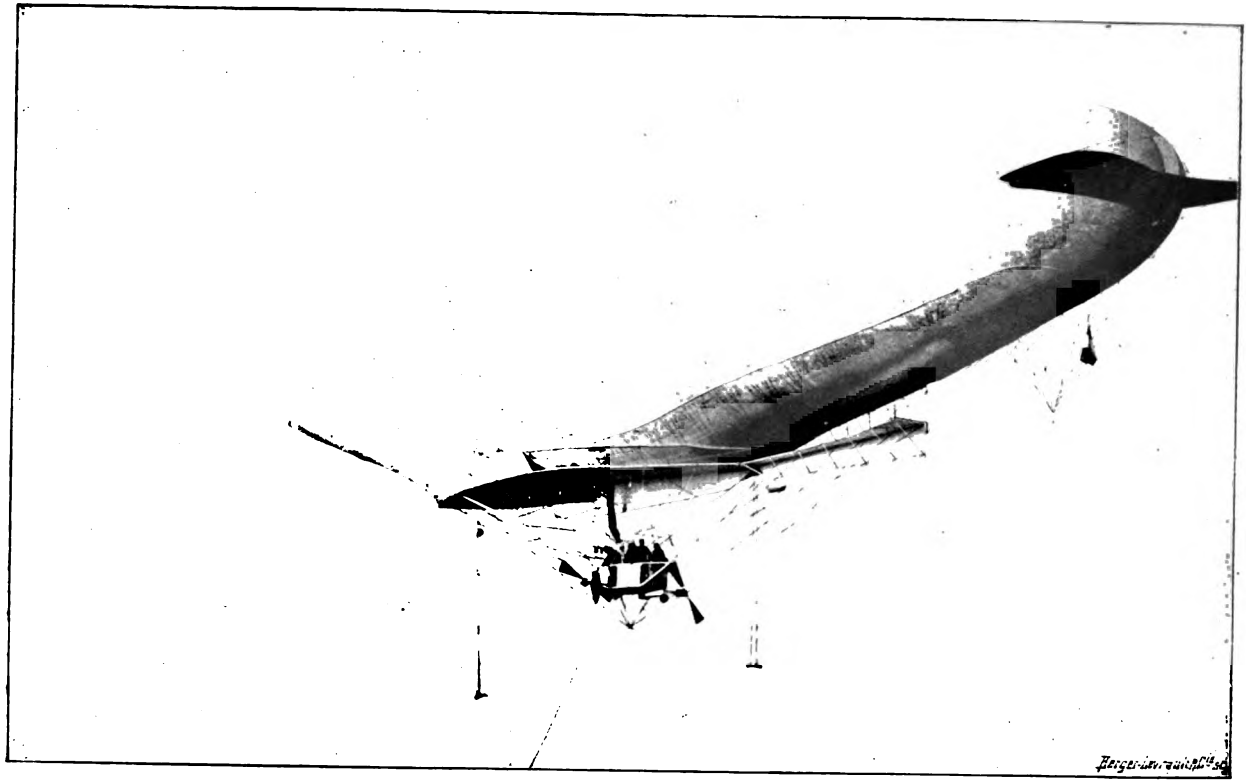


Fig. 106. — Le *Lebaudy* en excursion.

Digitized by Google

tion argent et ont dû se borner à de simples projets et études théoriques, alors qu'en réalisant leurs plans ils auraient probablement contribué beaucoup plus aux progrès de la question !

Seuls ont pu aborder la construction ceux, assez rares, qui avaient une fortune personnelle très élevée, ou qui ont eu la chance de pouvoir associer à leurs idées et à leurs efforts des personnes assez riches pour pouvoir les aider sans compter.

Le ballon dirigeable n'excitera donc vraisemblablement pas les recherches et la concurrence des industriels et il sera condamné à se contenter de profiter des progrès accomplis dans un autre but, comme il a par exemple profité des moteurs légers construits pour l'automobilisme terrien.

Sport. — Si nous nous reportons au but poursuivi dans l'établissement de la plupart des aéronats, nous voyons uniquement la préoccupation de résoudre un problème scientifique passionnant sans aucune autre arrière-pensée.

Ces dernières années seulement on a commencé, en approchant du but, à songer à des applications sportives.

Elles sont évidemment nombreuses et pleines d'attrait.

Le ballon libre a bien des adeptes, et cependant combien imparfait est ce véhicule passif, soumis à tous les caprices des vents ! Combien plus attirants encore seront les voyages aériens, lorsqu'ils pourront être exécutés d'une façon pratique et avec une absolue sécurité !

On ne peut imaginer, sans en avoir goûté, le charme enivrant de ces excursions dans l'atmosphère où on ne rencontre ni barrière ni frontière. Bien au-dessus des détails du sol, il semble que l'on soit aussi au-dessus des misères de l'existence et des bassesses des passions humaines ! Ou plutôt si, on peut s'en faire une idée,

Digitized by Google

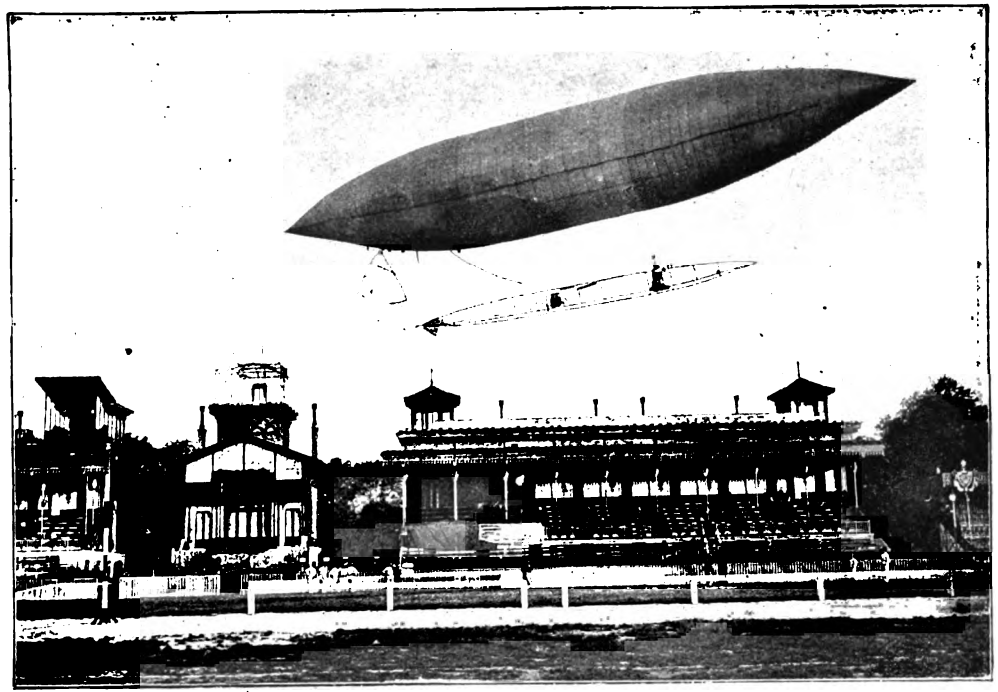


Fig. 107. — Le *Santos-Dumont* n° 7 évoluant à Longchamps.

Digitized by Google

quoique bien vague et bien incomplète : nous avons tous eu l'occasion, au moins une fois dans notre existence, de gravir quelque site élevé, et de là de contempler, de quelques centaines de mètres de hauteur, le paysage qui s'étendait sous nos yeux : nous nous souvenons ensuite toute notre vie de l'impression profonde qu'a produite non seulement sur nos yeux émerveillés, mais aussi sur notre âme émue, l'immensité des villes, des forêts, des fleuves, qui nous sont apparus, laissant deviner au loin d'autres immensités.

Du haut de l'aérostat le spectacle est bien autrement beau, car au lieu d'un secteur réduit et qui ne change pas, c'est le cercle entier de l'horizon qui découvre ses splendeurs et avec une variété sans cesse renouvelée. Le ballon libre offre, il est vrai, ce spectacle, mais avec lui c'est le hasard qui décide, ou à peu près ; avec le dirigeable, on parcourra les régions que l'on désire, on sera son maître.

L'un des principaux avantages des automobiles est qu'elles donnent, en outre de la vitesse des déplacements, l'indépendance dans le temps et la liberté du mouvement, alors que les autres moyens de communication rapide, tels que le chemin de fer, lient à des heures fixes et à des itinéraires limités.

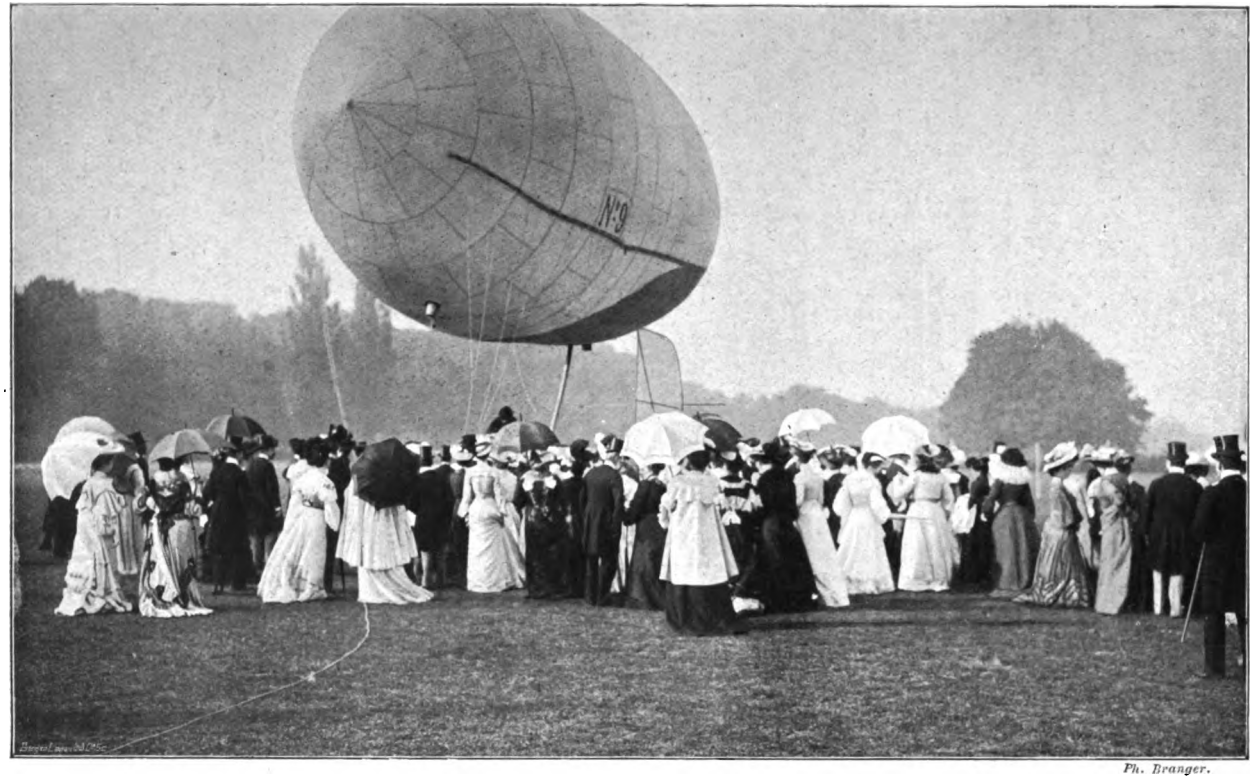
Encore sont-elles liées elles-mêmes aux routes carrossables, et souvent gênées par leur mauvais entretien ou par des pentes trop difficiles.

Le dirigeable, lui, sera libre comme l'oiseau qui a inspiré tant de poètes ; il n'aura à redouter ni obstacles ni difficultés d'itinéraire.

Et, ce qui n'est pas un avantage négligeable, il ne connaîtra ni la poussière, ni les rencontres fâcheuses, du moins jusqu'au jour où l'air sera sillonné de milliers de vaisseaux aériens de toutes sortes, ce qui, après tout, n'a rien d'impossible.

Mais n'allons pas si loin dans l'avenir ! Dès aujourd'hui

Digitized by Google



Ph. Branger.

Fig. 108. — Autour d'un *Santos-Dumont.*

Digitized by Google

il semble que ces instruments pourront offrir des moyens délicieux d'excursionner. Ne sera-t-il pas charmant de suivre du haut des airs les péripéties d'une course de chevaux ou d'automobiles, les émotions d'une chasse à courre?

Le *Lebaudy* ou la *Patrie,* déjà aujourd'hui, permettrait un yachting aérien parfait, d'assez longue durée, dont les sensations et l'intérêt dépasseraient certainement de beaucoup le yachting fluvial ou côtier.

Ne peut-on pas prévoir à bref délai des courses d'automobiles aériennes mille fois plus passionnantes en même temps que moins dangereuses que celles des véhicules fougueux qui, aujourd'hui, nous inondent de poussière, écrasent par centaines les innocentes volailles des campagnes, voire même souvent les passants insouciants?

Jusqu'ici les dirigeables étaient considérés à juste titre comme des instruments extrêmement curieux mais très dangereux. Grâce à M. Julliot et à MM. Lebaudy, il n'en est plus du tout de même aujourd'hui; on est dans la nacelle du *Jaune* autant en sûreté, sinon plus, que dans la meilleure des « 40 chevaux » à quatre roues.

Soyons donc persuadés que le jour est proche où les autos aériennes appartiendront aux sports comme celles qui roulent à la surface du sol.

Mais il restera, quoi qu'on fasse, une petite difficulté : ces merveilleux instruments coûteront forcément très cher; comme base d'appréciation on peut estimer qu'un dirigeable de 3 000 m³, capable d'enlever six personnes, coûterait aujourd'hui 300 000 fr., sans parler des dépenses d'entretien fort onéreuses et du personnel assez nombreux qu'il exigera toujours.

Ce nouveau sport ne sera donc jamais à la portée des humbles, pas plus d'ailleurs que le yachting qui coûte parfois plus encore et trouve néanmoins des adeptes.

Il marquera seulement un nouveau cran dans l'échelle des amateurs de sports.

Digitized by Google

Il y a quelques années le cycliste regardait avec fierté le vulgaire piéton; aujourd'hui la bicyclette est répandue dans toutes les classes de la société et c'est l'automobiliste qui... ne regarde même pas le cycliste.

Demain ce sera l'aéronaute qui, du haut des airs, en son féerique véhicule, sourira des efforts et des plaisirs des malheureux qui ne pourront se payer que de modestes automobiles.

On peut se demander si le dirigeable de sport doit répondre à des conditions analogues à celles que recherchent les inventeurs de grands aéronats.

Que faut-il à un aéronat pour procurer à son possesseur l'agrément et les jouissances qu'il est en droit de désirer?

Il faut avant tout que l'automobile aérienne puisse évoluer avec sûreté, sans danger, à part les circonstances exceptionnelles. Il est évident que peu de sportsmen ou de touristes consentiraient volontiers à aller risquer leur vie dans des instruments qui auraient, comme certains aéronats très imparfaits que nous connaissons, des chances assez grandes de culbuter subitement de plusieurs centaines de mètres de hauteur.

Il faut ensuite que l'aéronat puisse sortir à peu près quand on le voudra, exception faite seulement pour les temps par trop mauvais qui ne tentent aucun touriste. Pour cela il faut des instruments assez puissants pour pouvoir dominer les vents usuels qui atteignent très fréquemment 6 à 8 m. Il faut donc pouvoir fournir des vitesses de 10 à 12 m. à la seconde au moins.

Enfin devra-t-on demander à ces instruments un grand rayon d'action? Il semble que oui. Croit-on que le riche amateur, qui dépensera plusieurs centaines de mille francs pour se payer un vaisseau aérien, se contentera de pouvoir évoluer pendant une heure et de parcourir 40 km. au maximum? Ce ne serait pas tenir compte du désir qu'ont tous les sportsmen d'aller vite et loin, leur inter-

Digitized by Google

dire les excursions au long cours et les mettre à la merci du moindre vent qui les écarterait du point d'attache. On exigera donc une faculté de marche d'au moins 200 à 300 km., distance qui pourra être franchie en une demi-journée et permettra à l'aéronaute de se reposer et de varier ses plaisirs, pendant que son personnel regonflera et rechargera l'appareil, en un mot préparera tout pour la marche du lendemain.

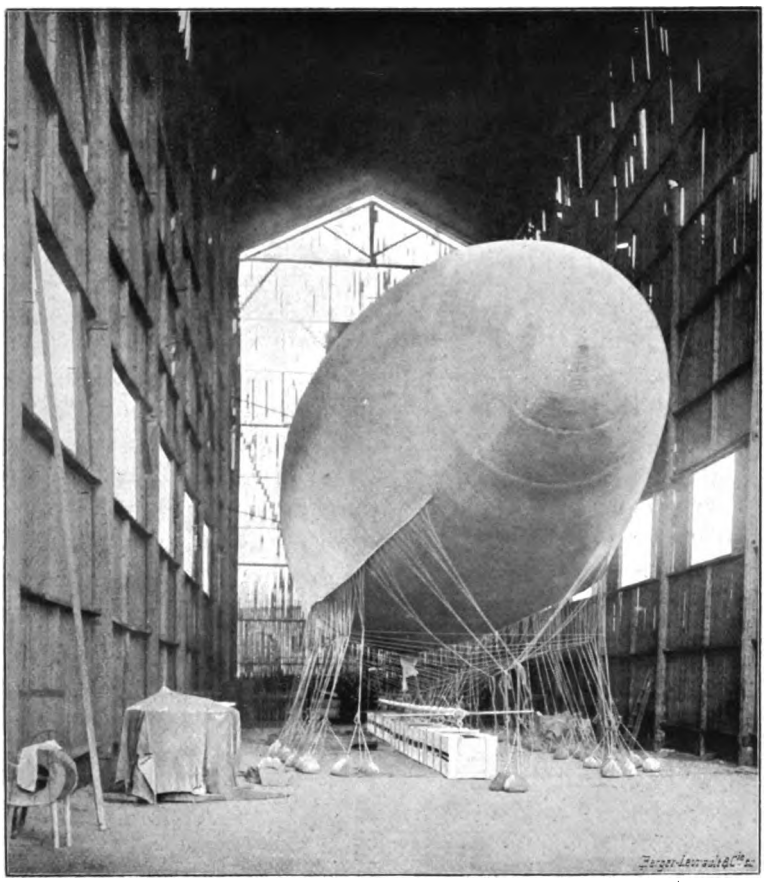
Pour remplir ces différentes conditions il est nécessaire, il est indispensable, comme nous l'avons montré précédemment, de construire des instruments puissants, c'est-à-dire grands. Ce sont précisément à peu près les conditions auxquelles répondent le *Lebaudy* et la *Patrie*, qui ont un cube d'environ 3 000 mètres.

Il est évident que lorsqu'on aura pu accomplir de nouveaux progrès qui augmenteront la puissance des aéronats par rapport à leur volume, on pourra obtenir des résultats analogues avec des instruments moins volumineux et par conséquent moins encombrants et moins dispendieux. Mais en l'état actuel des sciences, il semble que si l'on veut pouvoir faire quelque chose, il soit impossible de s'écarter beaucoup de dimensions voisines de 3 000 m³. Vouloir faire beaucoup plus petit, c'est se condamner par avance à ne pas monter haut, à ne pas aller loin et à ne sortir que par des temps très calmes assez rares.

Voilà pourquoi nous estimons que les aéronats très petits comme ceux qui ont été expérimentés ces derniers temps dans plusieurs pays et en particulier en France, sont, non pas, comme cela a été dit, des instruments de sport, mais tout simplement des instruments d'essai, d'expérience, qui ne peuvent prétendre à aucun résultat pratique, et auxquels on ne peut demander que de faciliter à bon marché l'étude de certains points spéciaux du problème si passionnant de la locomotion aérienne.

Digitized by Google

Nous avons déjà parlé des modèles variés essayés par M. Santos-Dumont, modèles qui, d'ailleurs, ne répondent



Ph. Branger.

Fig. 109. — Le dirigeable *de La Vaulx* pendant le montage.

pas à un programme d'études suivies, mais sont tout simplement le fruit de l'imagination fertile et quelque peu changeante d'un riche aéronaute avide du nouveau,

Digitized by Google

et qui aime à tout essayer sans rien creuser, tel le papillon qui voltige de fleur en fleur sans s'attacher à aucune d'elles. Santos, en évoluant aux Champs-Élysées, à Longchamps ou autour de la Tour Eiffel par des temps absolument calmes, avec un ou deux de ses quatorze aéronats, a frappé l'imagination des Parisiens et rempli les colonnes de journaux ; mais ses ballons ne tenteront guère.

Tout autre est le ballon du comte *de La Vaulx*, construit en 1903, essayé et modifié à différentes reprises, et qui, depuis juillet 1906, procède à de nouvelles expériences.

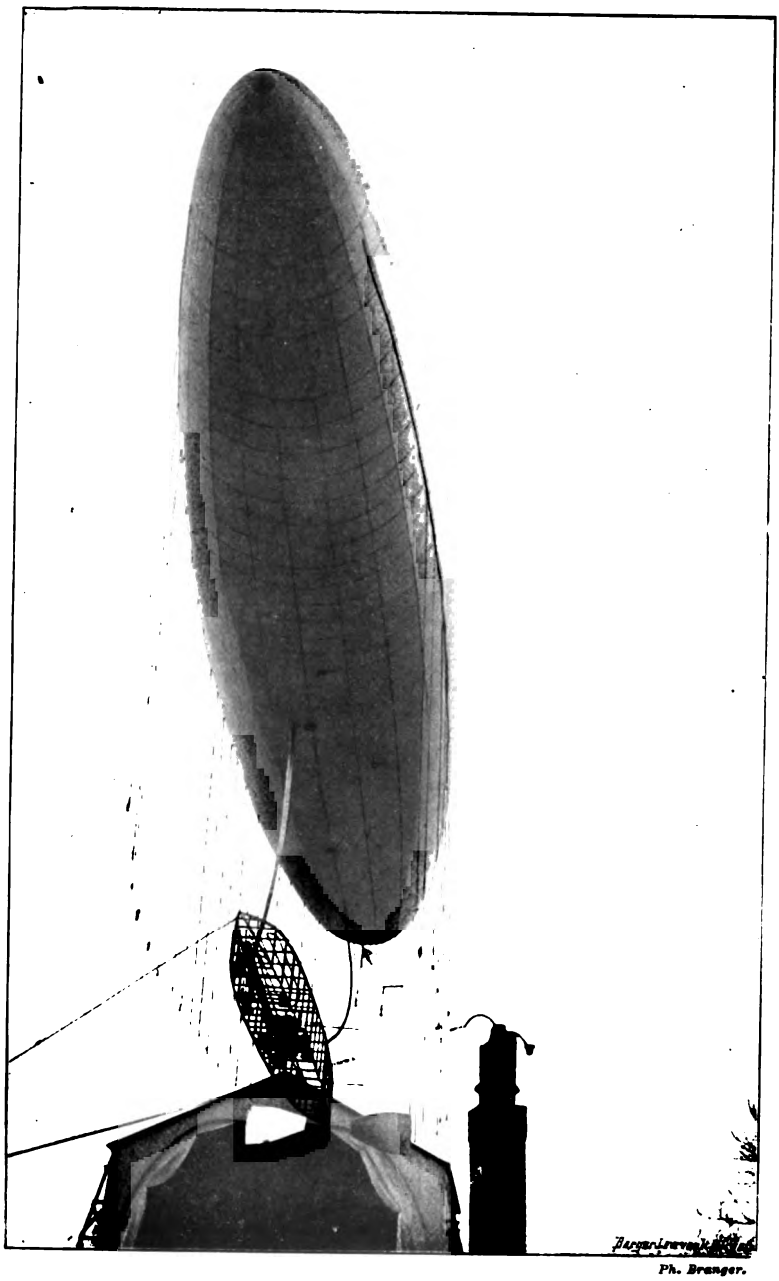
M. de La Vaulx, s'il est nouveau dans cette branche particulière de l'aéronautique, est du moins un aéronaute consommé ; il détient peut-être le record du nombre des ascensions en ballon libre. Il connaît donc l'air autant qu'il est possible, ce qui est un atout. A-t-il ce qu'il faut pour trouver une solution avantageuse du problème de l'aérostation dirigeable ? L'avenir le montrera.

En tous cas son ballon dirigeable, quoique de petites dimensions, peut être dès maintenant rangé dans la catégorie, jusqu'ici très limitée, des aéronats établis d'une façon sérieuse et qui paraissent pouvoir donner de l'espoir.

Nous empruntons à peu près textuellement à *l'Aérophile* les détails suivants sur l'aéronat du comte de La Vaulx :

Après s'être affirmé comme le grand champion du ballon sphérique, après ses célèbres expériences d'aéronautique maritime, le comte de La Vaulx en arrive aujourd'hui aux études de dirigeabilité proprement dites. Le nouveau ballon automobile construit sur ses données par l'habile ingénieur Maurice Mallet, avec l'aide de MM. Bachelard et Spielman pour la partie mécanique, est entré en essai pendant l'été 1906. Avant d'en enregistrer les premiers résultats, il importe de donner ici

Digitized by Google



Ph. Branger.

Fig. 110. — Le dirigeable *de La Vaulx* n° 1 (1904).

Digitized by Google

une description détaillée du nouvel engin, d'autant que les diverses notes publiées à ce sujet par les journaux quotidiens sont en général incomplètes, lorsqu'elles ne sont pas inexactes...

Le ballon et ses annexes. — La partie sustentatrice du dirigeable *de La Vaulx,* le ballon proprement dit, est constitué par une carène symétrique fusiforme de 730 m³. Le diamètre au fort est de 6ᵐ,40, alors que la longueur totale est de 32ᵐ,50. L'allongement est donc de 5 diamètres, ce qui n'a rien d'exagéré, puisque celui du ballon la *France* atteignait 6 diamètres et celui du *Lebaudy* presque autant.

Cette poche à gaz léger est en coton caoutchouté, composé, en allant de l'extérieur, d'une lame de caoutchouc, d'une tunique de coton, d'une deuxième lame de caoutchouc et d'une épaisseur de coton. Une teinture jaune au chromate de plomb empêche, par ses qualités inactiniques, l'altération de la gomme sous l'influence de la lumière.

La résistance de l'étoffe à la traction atteint 1 800 kg dans le sens de la chaîne et 1 200 kg dans le sens de la trame. Sans arriver à l'étanchéité absolue, elle présente les plus hautes qualités d'imperméabilité. Elle est capable de résister à une pression intérieure de plus de 300 mm. d'eau. Enfin elle donne la faculté d'assembler les pièces par l'addition de nouveaux dispositifs, tels, par exemple, qu'un empennage.

En raison de ces avantages, déjà mis en évidence par le dirigeable *Lebaudy,* le tissu caoutchouté, malgré son prix onéreux, toujours en hausse, semble devoir s'imposer dans la construction des aéronats modernes. Or ce produit ne se fabrique point en France sous une forme propre à la confection des enveloppes de ballons.

Nous sommes sur ce point tributaires de nos voisins allemands, ce qui pourrait avoir, en cas de guerre, de graves inconvénients.

Digitized by Google

Ces tissus sont fabriqués par la compagnie « Continental » de Hanovre, qui s'est fait une spécialité de ce genre d'articles, employé depuis un certain temps pour les *Drachen-Ballons* allemands. C'est elle qui a fourni les tissus des enveloppes des dirigeables *Lebaudy, Patrie, de La Vaulx, Ville-de-Paris,* etc.

Heureusement, cette situation dangereuse va bientôt changer : la compagnie « Continental » s'est en effet décidée, devant l'augmentation de la consommation française, à construire une usine à Clichy, ce qui aura le gros avantage de nous permettre, en cas d'hostilités, de trouver sur notre sol les matériaux nécessaires à la réparation, ou à la construction de nouveaux engins.

Les panneaux du ballon sont assemblés à la fois par collage et couture. Les joints, au lieu d'être imbriqués transversalement, comme dans la plupart des sphériques modernes, figurent assez bien, au contraire, verticalement et horizontalement, deux séries de courbes comparables à des méridiens et à des parallèles. Ces joints sont recouverts intérieurement et extérieurement de bandes de tissu collé qui achèvent de leur donner une solidité parfaite et constituent en même temps des frettes circulaires et longitudinales fort propres à renforcer l'enveloppe elle-même.

Dans la région médiane et inférieure du ballon proprement dit se trouve le ballonnet à air. Sa capacité est de 120 m³. Il est formé, dans la partie de sa paroi qui ne se confond pas avec l'enveloppe, par du tissu composé seulement d'une feuille de caoutchouc et d'une épaisseur de coton.

Ce ballonnet à air est alimenté par un ventilateur fixé à la vergue longitudinale qui s'allonge au-dessus du ballon et dont nous indiquerons le rôle.

Le ventilateur fonctionne continuellement tant que l'hélice tourne. Il est actionné, en effet, au moyen d'une courroie de renvoi, par une poulie solidaire du train

Digitized by Google

d'engrenages qui réunit l'arbre vertical à l'arbre horizontal proprement dit de l'hélice. Le pilote n'a donc pas à mettre en route ou à arrêter le ventilateur. Malgré cela, la pression que cet appareil peut déterminer à l'intérieur du ballonnet ne dépasse pas 20 mm. d'eau.

Une soupape automatique d'évacuation d'air est réglée, en effet, de façon à s'ouvrir à cet instant-là.

Pour plus de sécurité, au cas où cette soupape viendrait à ne pas fonctionner pour une raison quelconque, le ventilateur est établi de telle manière qu'il n'enverrait plus d'air dans le ballonnet, si la pression venait à y dépasser de 1 à 2 mm. la pression limite déterminée par la soupape automatique.

La soupape automatique à gaz, située à la partie arrière et inférieure du ballon, atteint 35 mm. d'eau. Or, les parois du ballon pourraient subir sans éclater, comme on l'a vu, une pression de 300 mm. d'eau. Le coefficient de sécurité est donc des plus rassurants. La soupape automatique, comme la soupape de manœuvre, située à la partie supérieure, peut être ouverte par le pilote au moyen d'une corde de commande descendant à la portée de sa main.

Un volet de déchirure est établi à la partie supérieure de l'enveloppe.

Système de suspension. — Le système de suspension présente d'intéressantes particularités.

De part et d'autre du ballon, un peu au-dessous de l'équateur, courent deux ralingues cousues occupant presque la longueur totale de l'enveloppe. Dans ces ralingues, par des trous ménagés à cet effet et formant comme des boutonnières, sont insérés des bâtonnets auxquels sont fixées les mailles du filet de chanvre [1]. Ce filet de chanvre, très court, donne naissance à des

1. Disposition imitée, comme beaucoup d'autres, du *Lebaudy* qui en a prouvé l'excellence.

Digitized by Google

pattes d'oie. Ces pattes d'oie supportent des suspentes en câble d'acier, montées sur crosses en bois avec épissures et renforcées par un croisillonnage en câble d'acier. A l'extrémité inférieure de ces suspentes métalliques se trouve agrafée par un solide cabillotage une vergue ou poutre horizontale, parallèle à l'axe du ballon et distante de $2^m,50$ de sa partie inférieure. Cette vergue, longue de 22 m. et de 10 cm. de diamètre, est en bambou artificiel, constitué par des lames de sapin juxtaposées de façon à former un cylindre creux et solidement maintenues dans toute leur longueur par des spires de soie encollée recouvrant des ligatures circulaires en fil d'acier.

De loin en loin sont serrés à bloc sur la vergue des colliers d'aluminium donnant naissance sur leur pourtour à des prolongements en tube de même métal disposés en étoile. Ces tubes sont reliés à la vergue et entre eux par des haubans en fil d'acier. Par ce dispositif, on obtient une véritable poutre armée à armature extérieure, à la fois légère et très résistante. Cette poutre armée se trouve formée de deux parties semblables, faciles à démonter.

A l'avant de la vergue longitudinale est une antenne transversale de 2 m. de longueur, reliée au ballon par des câbles semblables à ceux de la suspension et servant à annuler les effets de la réaction de l'hélice sur la poutre.

Une deuxième antenne, gréée de même, est encore fixée au milieu de la vergue.

La deuxième partie du système de suspension va de la poutre armée à la nacelle et est entièrement constituée par de solides câbles d'acier, disposés en réseau triangulaire. On sait que cette méthode de suspension assure une solidité complète entre les points ainsi reliés. La nacelle fait donc corps avec le ballon.

Nacelle. — La nacelle, dont le bordage se trouve à $4^m,80$ au-dessus de la vergue de suspension, a la forme

Digitized by Google

générale d'une barque à fond plat à deux becs. Elle est construite en tubes d'aluminium. Ses parois sont garnies de toile ignifugée. Elle a $3^m,30$ de longueur, $0^m,80$ de large, $0^m,80$ de profondeur. Le fond de la nacelle est fait d'un plancher en bois entièrement revêtu de lames d'aluminium pour éviter tout risque d'incendie.

Système moto-propulseur. — L'énergie motrice est fournie par un moteur Ader, à quatre cylindres, d'une puissance de 14 chevaux à 1 800 tours. Ce moteur pèse 85 kg. Le radiateur, disposé en coupe-vent, est fixé à l'avant de la nacelle qui contient aussi dans sa partie antérieure le réservoir d'eau, et dans sa partie arrière le réservoir d'essence, contenant 30 litres, quantité suffisante pour trois heures de marche continue.

Entre le moteur et le réservoir d'essence se trouve l'espace occupé par le pilote. Il a devant lui le volant vertical de commande du gouvernail et le volant d'embrayage, la manette d'avance à l'allumage, etc.

L'organe de propulsion est une hélice à deux branches formée d'une armature rigide et légère en métal et bois, tendue de soie. Son diamètre est de $2^m,30$ et son pas de $1^m,10$. Elle est placée à l'extrémité avant de la vergue de suspension et son axe se trouve à 2 m. sous le ballon. En régime normal elle fait 900 tours à la minute.

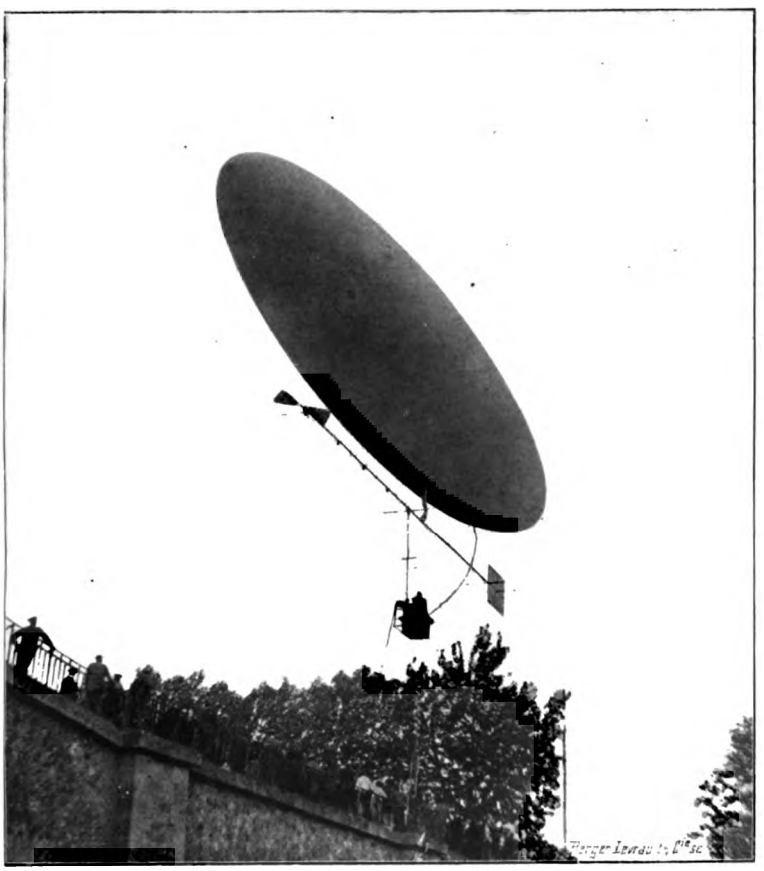
La transmission se compose essentiellement de deux arbres à cardan, l'un vertical, l'autre horizontal.

L'arbre vertical, calé inférieurement sur l'arbre du moteur, actionne l'arbre horizontal par des engrenages d'angle. Cet arbre horizontal est supporté par des paliers à billes fixés à la vergue de suspension. Son extrémité arrière engrène, comme nous l'avons vu, l'extrémité supérieure de l'arbre vertical; à l'avant, il se termine par un système d'engrenages démultiplicateurs, qui commande directement l'hélice.

Il importe de signaler l'ingénieuse disposition télescopique de l'arbre vertical, formé de tubes pouvant cou-

Digitized by Google

lisser sans cesser d'être en prise dans une glissière située à la partie inférieure et capable de subir, sous l'influence d'un choc contre terre, par exemple, un raccourcissement



Ph. Rol.

Fig. 111. — Dirigeable *de La Vaulx* n° 2 (1906).
Essais du 17 juillet 1906.

très appréciable, sans cesser de tourner. Notons enfin que tous les roulements ou paliers de la partie mécanique, extrêmement soignée et finie, sont à billes.

Digitized by Google

Le gouvernail est fixé à l'extrémité arrière de la vergue de suspension. Il est constitué par une armature rectangulaire tendue d'étoffe et mesure $2^{m},90$ de longueur sur $1^{m},90$ de hauteur, soit $5^{m2},51$ de superficie. Des câbles métalliques le relient au volant de direction placé devant le pilote.

Le poids de l'appareil en ordre est de 555 kg. Malgré le poids relativement élevé du moteur et celui de M. de La Vaulx lui-même, qui atteint près de 100 kg, la quantité de lest disponible est en moyenne de 100 kg.

Les premiers essais. — La première sortie eut lieu le 30 juin, vers 7 heures du soir, en présence de quelques rares spectateurs, parmi lesquels MM. Girardot, de la maison d'automobiles C. G. V..., Maurice Mallet, Bachelard, Spielman, Amédée Bastier, A. Nicolleau, etc. L'aéronat, d'une remarquable pureté de lignes, commence par décrire, au gré du pilote, une série de virages, de boucles et de 8 parfaitement dessinés. Il progresse sans le moindre tangage avec la rectitude parfaite d'une flèche.

Par malheur, au bout de quelques minutes, le pilote n'ayant pas embrayé à fond, les cuirs chauffèrent, et ce fut la fâcheuse panne d'embrayage, privant le ballon du secours de son moteur et paralysant du même coup la manœuvre du ventilateur. Heureusement il y avait à bord un aéronaute éprouvé qui ne se laissa point émouvoir par cet incident. Le comte de La Vaulx se laissa dériver jusqu'à Montretout et effectua son atterrissage sans la moindre avarie.

Le dirigeable fut campé en cet endroit et passa la nuit en plein air sous la garde de l'équipe de manœuvre. Le lendemain le comte de La Vaulx examinait l'avarie survenue au cône d'embrayage. Bien qu'il n'y eût là rien de grave, il fut reconnu que la réparation devrait s'effectuer à l'atelier avec l'outillage et les soins nécessaires. Sur l'ordre du pilote, le ballon fut donc dégonflé sur place,

Digitized by Google

démonté et transporté au hangar de l'Aéro-Club. Malgré cette panne de mécanisme, qui ne touche en rien à la valeur du système, le nouveau dirigeable avait donné des preuves de sa belle tenue dans l'atmosphère.

L'avarie d'embrayage avait pu être promptement réparée. Malheureusement, les voitures-tubes de Chalais-Meudon, mises à la disposition du célèbre aéronaute par le parc d'aérostation militaire de Chalais-Meudon, ne contenaient plus qu'une provision d'hydrogène insuffisante pour le regonflement: il fallut alors s'adresser à l'industrie privée, ce qui causa quelques retards. Les expériences ne purent être reprises que le 17 juillet. Le comte de La Vaulx avait tenu à faire une deuxième sortie autour du parc de l'Aéro-Club de France, bien que cet emplacement, admirablement situé pour les essais de sphériques, se prête fort mal aux expériences d'aéronat.

Le 17 juillet donc, vers 10 heures du matin, le dirigeable, tenu en main, quittait le hangar de l'Aéro-Club.

Sous la direction du pilote qui a pris place dans la nacelle et du constructeur Mallet, l'équipe de manœuvre lui fait franchir plusieurs lignes d'arbres et de fils télégraphiques, gagne l'aqueduc des eaux de l'Avre et s'engage sur la passerelle qui surmonte cet ouvrage. Le ballon, toujours captif, franchit ainsi la Seine, s'inclinant sous le vent léger, comme un ballon ordinaire, et l'on arrive ainsi à l'hippodrome de Longchamps, où l'on pénètre d'autorité. C'est là, sur cet emplacement idéal pour des essais préliminaires, que le comte de La Vaulx poursuivit ses expériences pendant toute la journée, évoluant avec la plus grande facilité au guide-rope, à quelques mètres du sol, décrivant à son gré les 8 les mieux dessinés, les boucles les plus imprévues, les orbes les plus capricieux, effectuant facilement plus de soixante atterrissages suivis de remises en route.

Il arriva même, chose unique dans les annales de la

Digitized by Google

dirigeabilité aérienne, que le ballon put reprendre terre et s'arrêter par ses seuls moyens avant que les hommes de manœuvre eussent eu le temps d'accourir pour saisir les cordages de retenue. Les essais avaient surtout pour but de bien familiariser le pilote avec le maniement des divers organes. Ce but fut parfaitement atteint et, à la fin de la journée, le comte de La Vaulx manœuvrait déjà le ballon avec une sûreté et une précision remarquables. Les expériences cessèrent à 7 heures et demie du soir, ce qui, déduction faite des deux heures de repos pour le déjeuner improvisé en plein air, donne une séance de 7 heures et demie d'essais consécutifs, la plus longue sans doute à laquelle ait été soumis un ballon automobile.

Après cette séance intéressante, M. de La Vaulx se décida à dégonfler son ballon, par suite des difficultés rencontrées pour l'alimenter en gaz hydrogène pur.

Il ne devait d'ailleurs pas tarder à l'installer dans le hangar de Sartrouville, obligeamment prêté par M. Deutsch de la Meurthe, et à obtenir des autorités militaires l'aide d'un certain nombre de voitures-tubes du service de l'aérostation de l'armée.

Il s'empressait alors de regonfler et d'exécuter sur les plaines environnantes, malgré la rigueur du dur hiver 1906-1907, une série d'ascensions libres, qui n'allaient que confirmer les qualités de l'aéronat. Le 1er février il en avait déjà exécuté huit.

En même temps il apportait au dirigeable divers perfectionnements, surtout dans un but d'expérience : l'hélice de toile, trop sensible aux variations hygrométriques, était remplacée par une hélice en bois ; un plan stabilisateur mobile horizontal était placé au-dessus du gouvernail ; enfin un plan d'empennage vertical fixe était ajouté en avant de cet organe de direction.

Avantages particuliers et applications possibles. — Après la description détaillée du dirigeable *de La Vaulx*,

Digitized by Google

et la relation de ses premiers essais, il devient plus facile d'exposer ses particularités, ses avantages et les applications dont il est plus spécialement susceptible.

Le mode de suspension est particulièrement intéressant. Pas de grande poutre armée encombrante et lourde. La grande vergue horizontale, qui constitue la pièce la plus caractéristique de la suspension, a permis une excellente répartition des efforts telle, que chacun des bâtonnets passant dans les oreilles des ralingues ne supporte pas plus de 2 kg.

Grâce à cette pièce intermédiaire, on a pu également reporter très bas la nacelle et les organes lourds qu'elle contient et assurer ainsi au système un puissant couple de rappel qui lui procure une remarquable stabilité. Même si le ballon devenait flasque, ainsi que cela s'est produit le premier jour, lorsque, le ventilateur se trouvant paralysé par la panne d'embrayage, le dirigeable s'était élevé jusqu'à 400 m., grâce à la rigidité de la vergue horizontale, les rapports de position des bâtonnets d'origine de la suspension ne peuvent guère changer et la stabilité demeure encore suffisante.

L'emploi d'arbres à cardan et le montage télescopique de l'arbre vertical donnent à la transmission une souplesse remarquable, qui lui permet d'affronter tous les chocs et toutes les secousses dus soit à l'atterrissage, soit aux efforts de torsion dans les virages. Plusieurs fois, dans les essais de Longchamps, le comte de La Vaulx put faire des atterrissages fort durs. L'arbre vertical coulissant dans la glissière, le ballon oscillait un instant, sa suspension détendue, puis tout se remettait dans l'ordre. Il est même arrivé que le pilote ait pu faire partir le moteur par mégarde, l'hélice étant embrayée, sans que rien n'en ait souffert. Les formes fuyantes de l'armature de la nacelle contribuent aussi à atténuer les effets du choc, lorsque le ballon vient à talonner involontairement ou lorsqu'il atterrit par les seuls moyens du bord. On peut considé-

Digitized by Google

rer que l'aéronat arrivant au sol avec une vitesse verticale de 3 m. par seconde ne court point risque d'avaries.

La position de l'hélice à l'extrémité de la vergue horizontale, le plus près possible du ballon, et très haut au-dessus du sol, présente un double avantage : d'abord le centre de la traction se trouve ainsi aussi rapproché que possible du centre de résistance, ce qui assure un meilleur rendement et diminue les tendances au balancement. De plus, l'hélice ainsi surélevée ne risque aucun contact dangereux à l'atterrissage.

La dirigeabilité a paru excellente. Les évolutions du ballon à Longchamps furent manifestement faciles et certains virages n'eurent qu'un rayon extrêmement court. Quant à la vitesse, bien qu'elle n'ait pu encore être contrôlée directement, on peut penser avec M. de La Vaulx qu'elle atteindra une trentaine de kilomètres à l'heure en air calme, peut-être même un peu plus.

Une des particularités les plus remarquables du nouveau croiseur aérien c'est qu'il peut se démonter rapidement en quatre parties principales, formant des colis relativement maniables : 1° enveloppe du ballon (paquet de 1^{m3} environ); 2° la nacelle (2 m. × 1 m.); 3° et 4° les deux segments de la vergue horizontale formant chacun un colis de $0^{m},80$ de largeur sur une dizaine de mètres de longueur.

Enfin, tous les organes de manœuvre se trouvent groupés à la portée du pilote comme dans une automobile terrestre.

De tout ce qui précède se déduisent aisément les applications possibles du dirigeable *de La Vaulx*.

On peut prévoir l'époque prochaine où le ballon automobile sera effectivement devenu ce qu'il pourrait être déjà, un instrument de sport, et servira soit à la navigation aérienne de plaisance, soit à disputer des concours ou à établir des records, comme le bon vieux sphérique. Le modèle du comte de La Vaulx se présentera avec les

Digitized by Google

avantages suivants : simplicité, facilité de démontage, d'où transport aisé sur les terrains de départ, souplesse et solidité permettant à un débutant de faire son apprentissage avec un minimum de risques d'avaries, enfin son prix de revient relativement bas, une cinquantaine de mille francs.

Les mêmes qualités se retrouveront pour les applications militaires. Sa facilité de transport sera précieuse dans le rôle du ballon de campagne. Il pourra par exemple suivre sur des fourgons les évolutions d'un corps d'armée et être utilisé au moment voulu, c'est-à-dire au bout des vingt-quatre heures nécessaires à son montage et à son gonflement. Disons à ce propos que lors du deuxième gonflement au parc de l'Aéro-Club, le ballon put être arrimé et prêt à partir en trente-six heures, et cela avec trois hommes seulement. En campagne, avec une équipe plus nombreuse et bien entraînée, avec un matériel accessoire approprié, il serait assurément facile de gagner un tiers de ce temps.

Tel qu'il est actuellement, le dirigeable *de La Vaulx* serait cependant difficilement utilisable pour la guerre, à cause de sa petite dimension. Sa force ascensionnelle totale n'est que de 800 kg ; si l'on en déduit les 555 kg que pèse le matériel, il reste seulement 245 kg pour le pilote et le lest, ce qui limite forcément le rayon d'action à un parcours aérien très réduit et empêche d'avoir un voyageur à bord. Or la manœuvre du ballon est trop fatigante et trop absorbante pour que le pilote puisse se livrer lui-même aux observations stratégiques.

Mais le modèle actuel n'est qu'un modèle d'essais. Lorsqu'il aura achevé de faire ses preuves, le comte de La Vaulx se propose de construire un ballon plus puissant muni d'un moteur Levasseur de 24 chevaux, pesant 40 kg [1]. Les principes caractéristiques du diri-

1. Nous craignons que M. le comte de La Vaulx ne fasse fausse route en employant des moteurs aussi légers. Avec ce poids par cheval-vapeur, il est

Digitized by Google

geable actuel y seront conservés. Peut-être ce nouveau moteur extra-léger sera-t-il essayé à bord du modèle actuellement construit. On pourrait augmenter de cette façon le lest disponible et la vitesse dans des proportions appréciables.

On a, en 1906, créé en France un autre dirigeable dans un but spécialement sportif : la *Ville-de-Paris*.

M. *Henri Deutsch de la Meurthe,* le riche distillateur de pétrole, avait déjà, il y a quelques années, fait construire un premier aéronat. Ce dirigeable, très mince et allongé à la façon du *Santos-Dumont* n° 14, n'avait pu faire que des essais à la corde, où il ne s'était pas assez bien comporté pour que l'on eût osé lui donner la liberté. Il est probable qu'avec une forme comme celle-là c'eût été un engin très dangereux.

M. Deutsch de la Meurthe l'a d'ailleurs reconnu lui-même, car il s'est décidé à construire en 1906 un nouveau modèle, entièrement différent et qui a commencé ses essais en octobre.

Voici, d'après *l'Aérophile,* les caractéristiques de ce dirigeable :

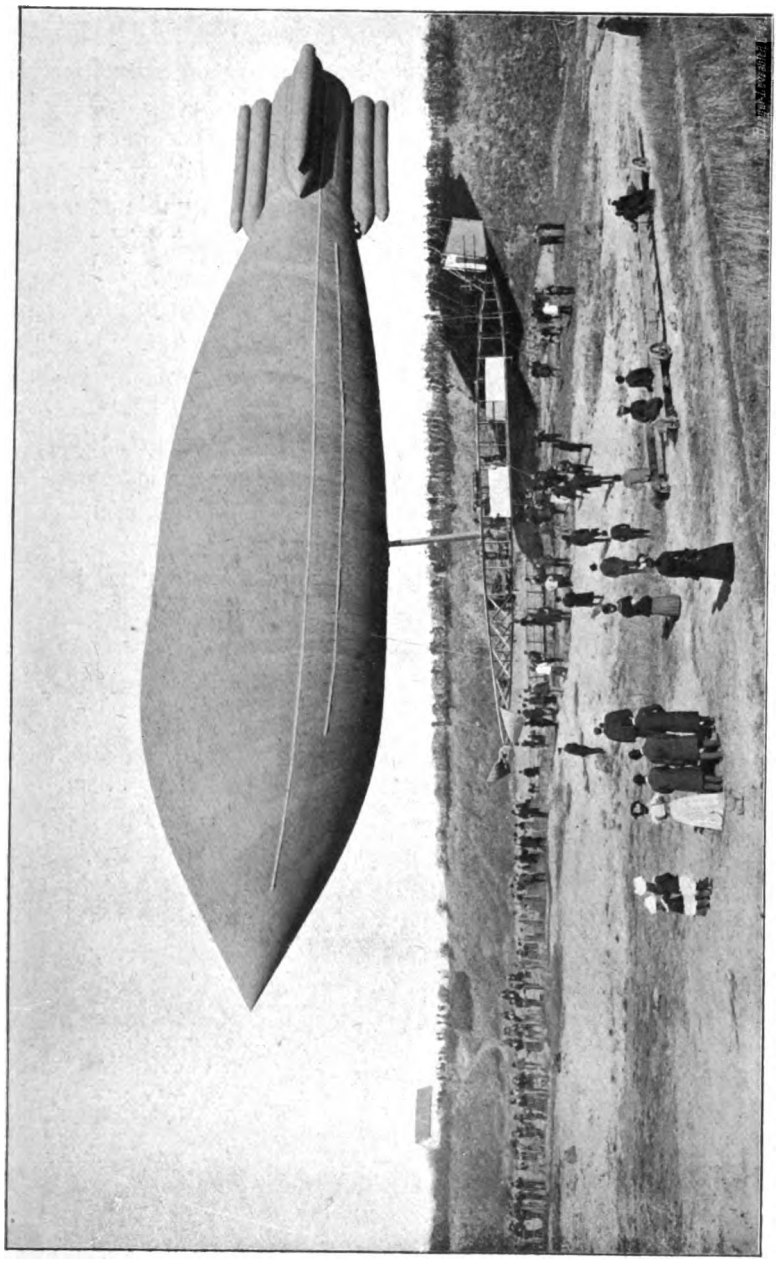
Longueur totale, 62 m. environ; diamètre au maître couple, $10^{m},50$; volume, 3 200 m^3.

Enveloppe en étoffe caoutchoutée double, à revêtement protecteur intérieur, terminée par un empennage stabilisateur construit suivant les données du colonel Renard et de l'ingénieur Henri Hervé. Cet empennage à double effet doit remplacer les quilles des aéronats et assurer en même temps la stabilité de route, la permanence

---

à l'heure actuelle impossible d'avoir des moteurs parfaitement sûrs. Or, la sûreté de fonctionnement est une condition très importante à bord d'un dirigeable ; on a vu que M. Julliot se refuse à employer des moteurs de moins de 4 à 5 kg par cheval-vapeur. Le résultat a été que, sur soixante-dix-neuf ascensions utilisant plus de cent cinquante heures d'évolutions dans les airs, le *Lebaudy* n'a pas eu une seule panne.

Digitized by Google



Ph. Branger.

Fig. 112. — Le dirigeable la *Ville-de-Paris* (1906), de M. Deutsch de la Meurthe.

Digitized by Google

de la direction. Appliqué pour la première fois, il est une des curiosités du nouvel aéronat ; il est constitué par un faisceau cruciforme de huit tubes gonflés à l'hydrogène, comme le corps du ballon lui-même.

Le corps principal, construit selon une méthode indiquée par le colonel Renard dans son remarquable cours d'aéronautique, est composé de deux cônes sphériques raccordés par une partie cylindrique. L'assemblage a été étudié de manière que les fuseaux d'étoffe soient réunis entre eux sans aucune couture longitudinale et de telle manière que les autres coutures elles-mêmes ne supportent rigoureusement aucun effort.

La nacelle, suspendue au moyen d'un réseau triangulaire, genre Dupuy de Lôme, est constituée par une poutre armée de 32 m. de longueur portant le moteur Argus à quatre cylindres de 70 chevaux.

Actionnée au moyen d'un engrenage réducteur au cinquième, l'hélice se trouve placée à l'avant de la poutre armée. Sa conception, toute nouvelle, est due aussi au regretté colonel Renard : elle est constituée par deux branches librement articulées sur le moyeu et ne comportant aucun haubannage ; les branches de l'hélice, sous l'impulsion des divers efforts de la poussée, prendront d'elles-mêmes et automatiquement la position inclinée résultante. On a pu ainsi établir une hélice d'un diamètre supérieur à 6 m., d'une rigidité absolue et d'une très grande légèreté.

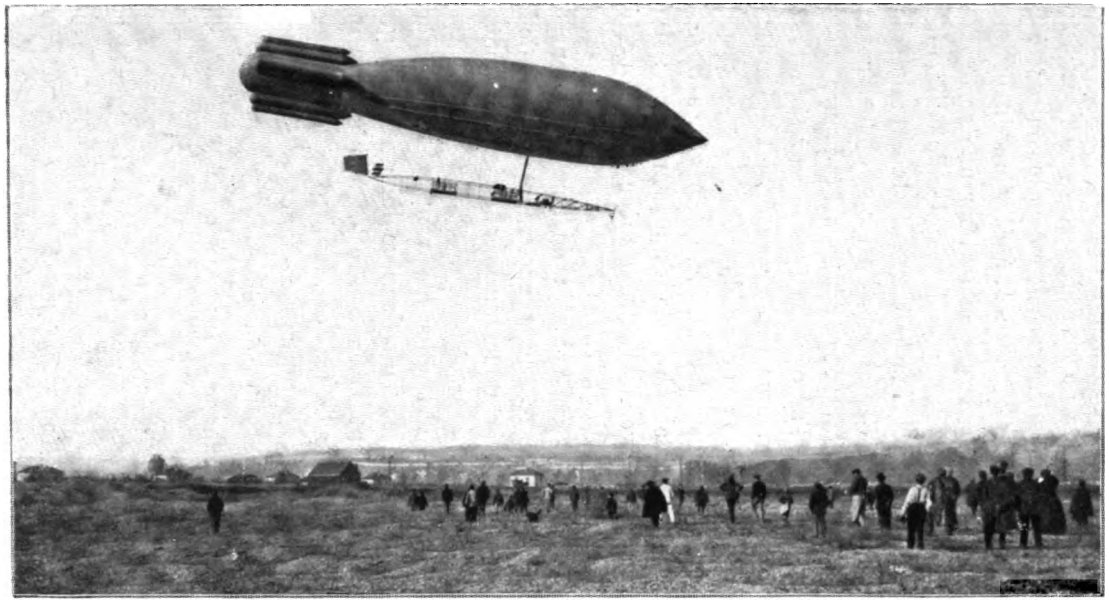
Le moteur actionne aussi le ventilateur du ballonnet à air, ventilateur dû à MM. Surcouf et Kapferer, étudié avec le plus grand soin, débitant à plein fonctionnement plus de 2 m³ d'air à la seconde.

A l'arrière un gouvernail horizontal formé de deux plans superposés d'étoffe tendue sur une armature de bois, et un gouvernail vertical à double plan également.

Cet aéronat n'est pas à l'abri de toute discussion.

On peut se demander notamment ce que vaut ce sys-

Digitized by Google



Ph. Raffaele.

Fig. 113. — La *Ville-de-Paris* en ascension (nov. 1906).

Digitized by Google

tème d'empennage au moyen de cylindres; il est incontestable que ceux-ci ont l'inconvénient de créer derrière le corps du ballon de nouvelles surfaces de résistance, qui s'ajoutent à celles du maître couple, nuisant à la vitesse. En outre ils constituent à l'arrière du ballon une masse séparée du corps principal par une sorte d'étranglement qui constitue un point faible, d'où difficulté spéciale de réglage de l'ensemble et diminution de solidité. Il semble possible que, dans un mouvement d'ascension ou de descente rapides, ou sous l'influence de bourrasques prenant l'aéronat de flanc, ce système de deux masses coure quelque danger en créant deux centres d'efforts susceptibles de conflits.

Il est vrai, par contre, que l'empennage cruciforme par cylindres a certains avantages de souplesse : il évite d'adapter à l'enveloppe aucune pièce métallique, écartant ainsi une difficulté.

Ces tubes ont été calculés de façon que leur force ascensionnelle corresponde exactement au poids de leurs enveloppes, en sorte que, ne pesant rien, ils sont d'un arrimage facile.

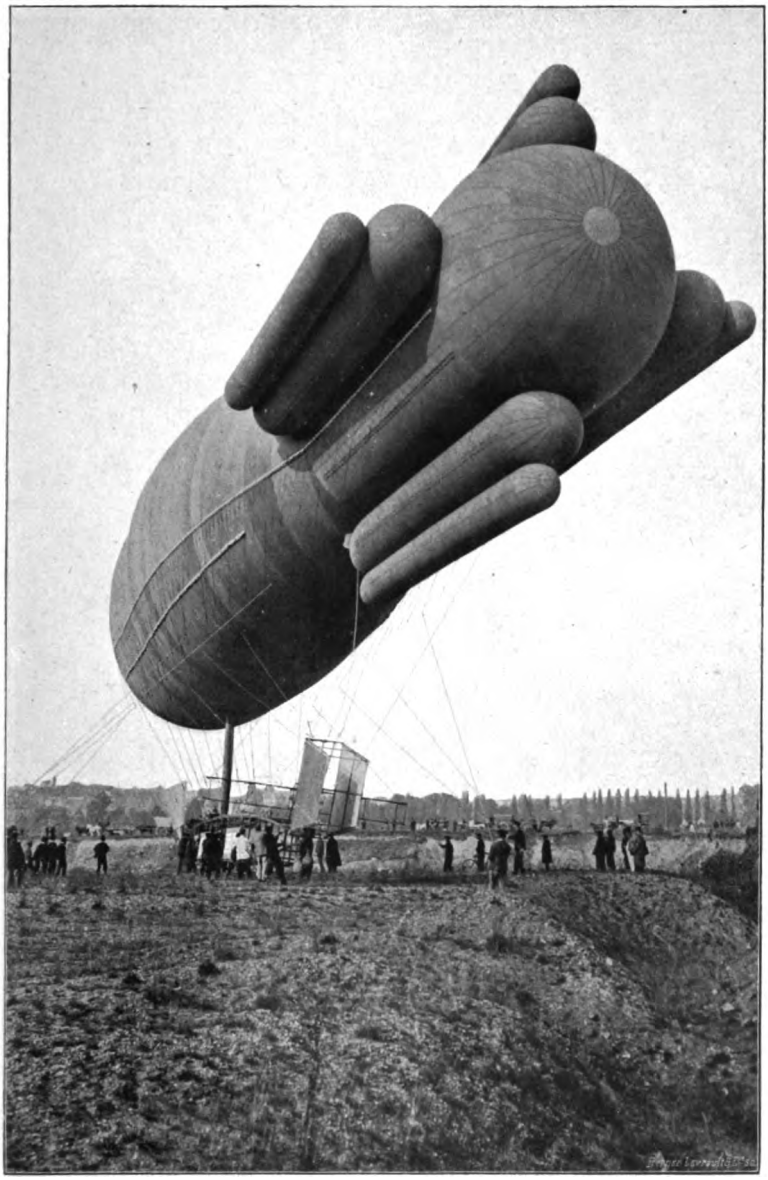
Le placement de l'hélice à l'avant est-il avantageux? Cet organe chasse l'air derrière lui avec une grande force; cet air vient butter contre les nombreuses pièces de la poutre-nacelle en bois, tendant par conséquent à les pousser en arrière, ce qui augmente, dans une proportion plus forte qu'on ne le croirait à première vue, la résistance à l'avancement. Cet effort a été si grand que la nacelle s'est, paraît-il, pliée pendant les essais, d'une façon inquiétante.

Le système d'attache manque peut-être de précision.

Les tissus de l'enveloppe ne paraissent pas placés dans le sens offrant le plus de résistance à l'éclatement.

La manœuvre est rendue très difficile par suite de la distance qu'il y a entre le ballon et la pièce rigide sur la-

Digitized by Google



Ph. Branger.

Fig. 114. — Système stabilisateur de la *Ville-de-Paris* (1906).

Digitized by Google

quelle on agit pour manier l'aéronat. Dès le premier essai, le ballon a failli se plier.

La première sortie libre de la *Ville-de-Paris,* le 11 novembre, n'a pas été très heureuse : le moteur, gelé, a refusé de fonctionner autrement que par courts intervalles de quelques secondes, insuffisants pour permettre de juger de la vitesse et de la stabilité. Il a fallu se laisser aller au fil du vent, atterrir, puis dégonfler pour faciliter le retour.

Après quelques modifications telles que le remplacement de la nacelle et le recul du gouvernail, les constructeurs comptent renouveler leurs expériences.

Si M. Deutsch de la Meurthe n'a pas encore parfaitement réussi lui-même, il a le gros mérite, par contre, de stimuler les efforts des autres de la façon la plus digne d'admiration. On sait que c'est lui qui a fondé le fameux prix de 100 000 fr. pour le premier dirigeable qui devait doubler la Tour Eiffel, gagné par Santos-Dumont.

C'est lui qui a fondé la coupe Henry Deutsch de la Meurthe, comportant 3 épreuves de 20 000 fr. chacune et un objet d'art de 10 000 fr., coupe qui doit être détenue par le premier concurrent qui aura, avec un engin aérien quelconque, suivi le parcours fermé Saint-Germain — Senlis — Meaux — Melun — Saint-Germain, de 200 km. environ.

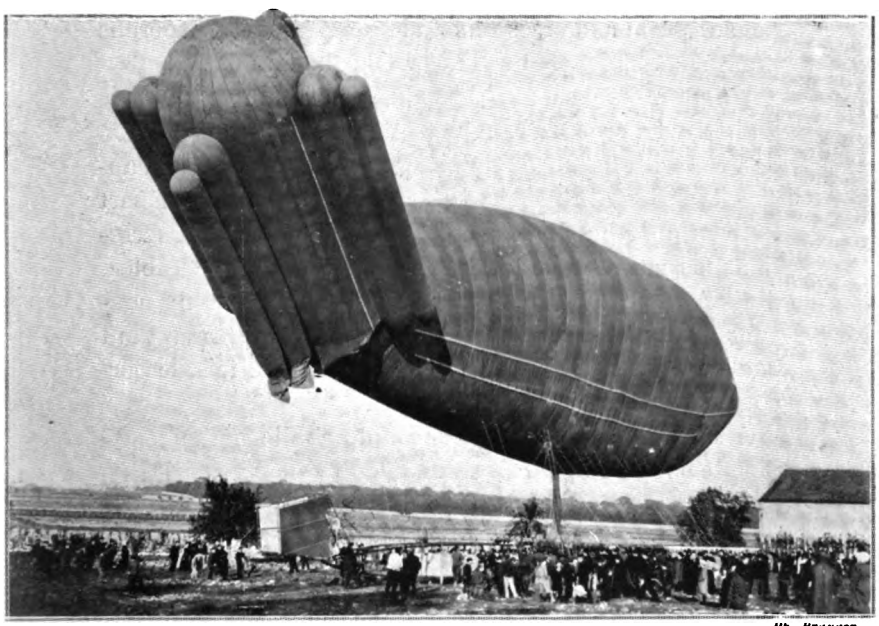
C'est lui enfin qui, avec M. Archdeacon, a fondé le grand prix d'aviation de 50 000 fr. pour le premier appareil d'aviation qui franchira 1 km. et reviendra au point de départ.

On ne peut que féliciter ce généreux bienfaiteur de l'aéronautique de l'encouragement que la fondation de semblables prix est susceptible de donner aux inventeurs et aux constructeurs d'appareils destinés à circuler dans les airs.

Dans cet ordre d'idées, il nous semble que, si les sports peuvent être un objectif pour les dirigeables, ils peuvent aussi, et ils doivent jouer le beau rôle de stimulant.

Digitized by Google

C'est en grande partie à l'organisation des grandes courses d'automobiles que sont dus les progrès des moteurs à pétrole et le développement prodigieux et si rapide de ces véhicules. C'est, croyons-nous, par des courses et des concours que l'on pourra stimuler inventeurs et constructeurs de dirigeables et faire éclore de la concurrence progrès et perfectionnements.



Ph. Branger.

Fig. 115. — La *Ville-de-Paris* pliée pendant le dégonflement après l'ascension du 11 novembre 1906.

On a bien déjà tenté d'organiser de semblables concours à Saint-Louis d'abord, à Milan ensuite, mais ces épreuves sont venues avant l'heure, les concurrents étaient encore trop peu nombreux et trop imparfaits (1);

1. Rappelons qu'en décembre 1906 il n'existe encore dans le monde entier, en dehors de la *Patrie* capable de filer à 45 km. pendant dix heures et du *Lebaudy*, susceptible de marcher cinq à six heures à 40 km. à l'heure, que

Digitized by Google

il n'y aurait même pas actuellement les éléments nécessaires pour permettre la lutte.

En outre, il faut que l'attrait du concours soit suffisant pour compenser les frais énormes de transport de ces volumineux engins et les risques de l'opération. On ne pourra arriver à des résultats fructueux que lorsque la question sera plus avancée qu'elle ne l'est aujourd'hui, et si l'on arrive à trouver le moyen de créer des récompenses proportionnées aux frais de l'épreuve. Espérons pour cela que M. Deutsch de la Meurthe fera école !

Un grand journal parisien a, dès novembre 1906, pris l'initiative d'organiser, pour septembre 1908, à l'occasion de l'exposition franco-anglaise projetée, une course d'appareils aériens dirigeables, qui aura pour point de départ Paris et pour but Londres. Déjà d'importantes souscriptions assurent à ce concours des prix considérables, dignes des engins qui y prendront part. Nous ne pouvons qu'applaudir à cette heureuse initiative, regrettant peut-être seulement que, pour la première fois, le parcours proposé soit si considérable.

A la fin de 1906 une seule automobile aérienne du monde entier, la *Patrie,* serait capable de concourir ; on peut douter que pendant deux années les progrès des dirigeables et des aéroplanes soient suffisants pour amener sur les rangs un grand nombre de concurrents.

Sciences. — Le dirigeable, fruit des progrès des sciences, pourra certainement leur payer un jour sa dette de reconnaissance par les services qu'il leur rendra. Il permettra en particulier d'entreprendre certaines études que l'on n'a eu, jusqu'ici, aucun moyen de faire ; grâce à lui, il sera permis de traverser à volonté certaines régions aériennes, où le ballon libre, jouet inerte du caprice des

---

l'*Italia,* les *Santos-Dumont* n° 6 et n° 9, le *Lincoln-Beachy,* le *Zeppelin* n° 3 et le *Parseval* qui aient pu, et non sans danger, évoluer au plus une à deux heures et à faible vitesse.

Digitized by Google

vents, ne pouvait s'aventurer qu'à peu près au hasard, ou ne permettait même pas de pénétrer.

C'est ainsi qu'on pourra, quand la puissance des dirigeables sera suffisante pour permettre de grandes altitudes, aller étudier les montagnes les plus inaccessibles en planant au-dessus d'elles.

Mais, sans aller si loin, nous voyons, dès maintenant, se manifester des tentatives intéressantes d'expéditions dans les régions polaires.

Depuis longtemps les explorateurs et les savants font des efforts désespérés pour atteindre les pôles, seules parties de notre globe terrestre que l'homme ignore encore. On a employé successivement tous les moyens possibles ; peu à peu on s'en est rapproché, mais sans pouvoir dépasser de beaucoup le 80e degré.

Dès que M. Julliot eut prouvé, avec le *Lebaudy,* que le problème de la navigation aérienne était soluble, on songea de suite à utiliser ce nouveau moyen de transport pour gagner les pôles.

Nous avons déjà vu une tentative, celle de MM. Walter Wellmann et Louis Godard pour l'exploration du pôle nord, et un projet, celui de MM. Jean Charcot et Henry de La Vaulx, qui ont l'intention de gagner le pôle sud(1).

M. *Wellmann,* explorateur et journaliste américain, avait déjà exécuté plusieurs expéditions arctiques; il connaît, autant qu'il est possible, la météorologie et la climatologie des régions boréales, et il a conçu le projet de gagner le pôle en dirigeable en profitant des conditions toutes particulières où l'on se trouvera pour l'exécution d'un semblable voyage.

On a pu établir qu'au delà du 80e degré, pendant les trois mois d'été, la température n'est pas très froide, et qu'elle est d'une constance remarquable, ne descendant jamais au-dessous de — 3 et ne montant jamais au-

1. Les données suivantes sont pour la plupart tirées de *l'Aérophile.*

Digitized by Google

dessus de + 4, que l'humidité était à peu près constante, que le ciel ne se découvrait que dix à quinze heures par mois, que la vitesse moyenne des vents était de $4^{m},50$ par seconde. Tout le monde sait que le soleil, ne se couchant pas de tout l'été, reste sensiblement à la même hauteur au-dessus de l'horizon, ce qui explique cette constance de régime.

Ce sont des conditions bien plus favorables à l'emploi d'un dirigeable que dans nos régions, où les différences de températures continuelles causées par l'ascension et la descente du soleil, les ciels à nuages interrompus, par la variété de nature du sol au-dessus duquel on se trouve, etc., obligent à dépenser constamment du gaz et du lest.

M. Wellmann comptait utiliser aussi le facile glissement d'un guide-rope lisse sur la glace ou sur l'eau pour obtenir une certaine facilité de direction et une économie de gaz et d'essence.

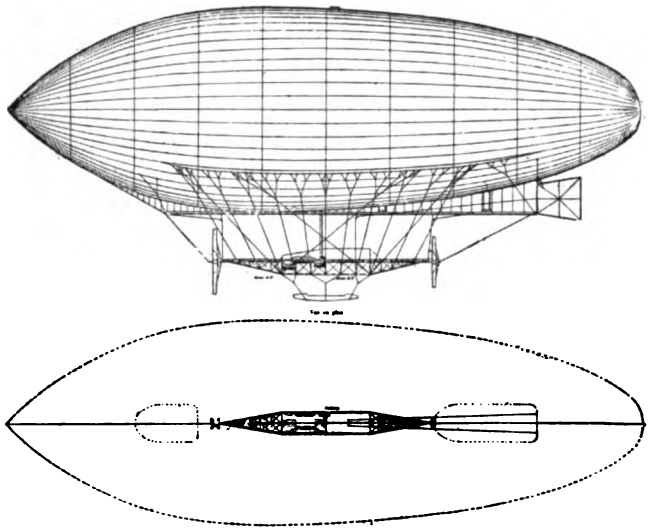
En outre, pour l'exécution de ce projet, si l'on a besoin de posséder un rayon d'action considérable (puisqu'il y aura à parcourir, aller et retour, environ 2 000 km., en partant du point le plus septentrional où l'on puisse installer une base d'opération, par exemple Valden-Island au Spitzberg), par contre on n'a pas besoin de chercher à s'élever plus haut que les obstacles qu'on peut rencontrer, et ces messieurs estimaient qu'ils n'ont pas avantage à marcher très vite.

Enfin, M. Wellmann a voulu emporter des traîneaux automobiles, qui devaient lui permettre, pensait-il, d'achever son audacieux voyage en cas d'accidents du dirigeable.

En 1905, la Société de géographie de Washington, sous la présidence de M. Willis Moore, l'éminent directeur du Weather Bureau, approuvait à l'unanimité les plans de M. Wellmann.

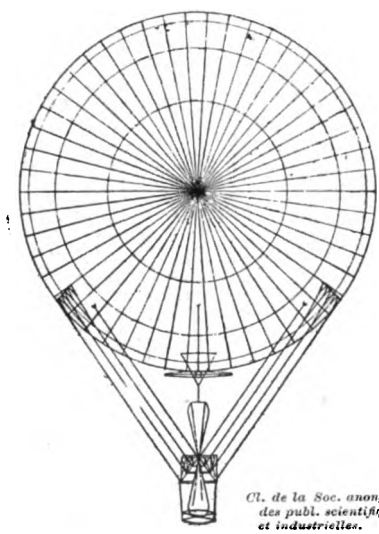
Aussitôt se constituait, avec capital initial d'un million et demi, une société, la « Wellmann Chicago Herald Polar Expedition », pour l'exploitation de l'heureuse idée,

Digitized by Google



Cl. de la Soc. anonyme des publications scientifiques et industrielles.

Fig. 116. — Le dirigeable du pôle *Wellmann* (1906).



Cl. de la Soc. anonyme des publ. scientifiques et industrielles.

Fig. 117. — Le dirigeable du pôle *Wellmann* (1906).

Digitized by Google

qui enflammait tous les esprits yankees, et, par contrecoup, les gazettes du monde entier.

M. Wellmann est alors venu en France à la fin de l'année 1905, étudier les possibilités d'exécution auprès des compétences aéronautiques de notre pays, et en particulier du commandant Bouttieaux, directeur du parc aérostatique militaire de Chalais-Meudon, Émile Carton, Santos-Dumont, Henri Julliot, Louis Godard, etc.

Il s'est décidé à commander un dirigeable à M. Louis Godard, son ami, qui, en outre, depuis longtemps s'est spécialement occupé de la question des ballons polaires. Enfin M. Godard avait été la seule des personnes qualifiées pour l'exécution d'un pareil travail, qui eût consenti à l'exécuter dans les délais extrêmement étroits imposés par M. Wellmann.

Toujours est-il que l'aéronat commandé fut exécuté avec une rapidité surprenante : dès le mois de juin 1906 il était achevé.

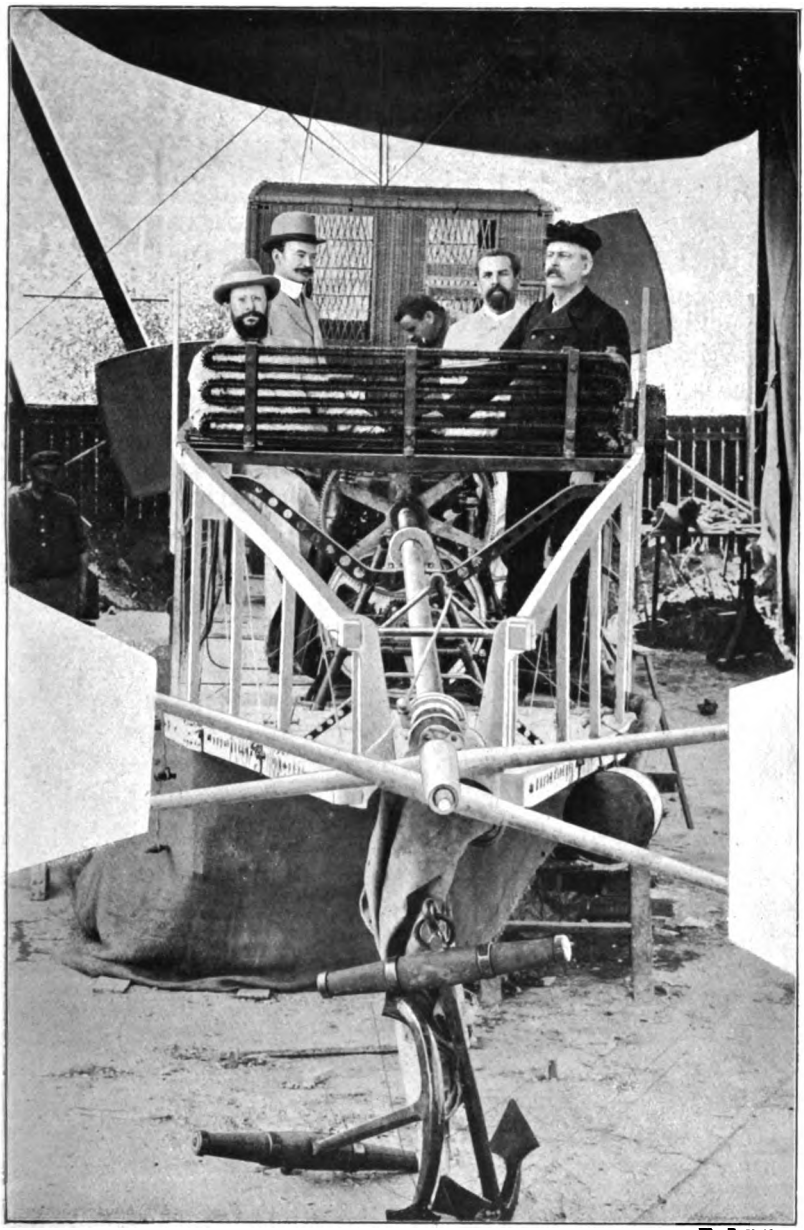
Ce dirigeable a reçu une organisation assez particulière, par laquelle on a cherché à répondre aux conditions spéciales de son emploi.

Croyant n'avoir pas besoin de grande vitesse, M. Godard a préféré donner au ballon une forme peu allongée, qu'il estime plus avantageuse au transport, à la manœuvre, etc. L'enveloppe a été faite, comme celle du *Lebaudy,* de tissus caoutchoutés, mais elle en contenait trois superposés alternant avec des matières imperméables, soit, du dedans au dehors : soie, para pur, coton, caoutchouc, coton, caoutchouc, la dernière couche de caoutchouc se trouvant à l'extérieur, de façon à protéger l'enveloppe contre l'humidité et à éviter l'alourdissement qui s'ensuivrait.

Enfin on employait deux moteurs, absolument indépendants avec hélices indépendantes, dont chacun devait pouvoir suffire seul.

Vu le grand rayon d'action demandé, on a été obligé, comme nous l'avons démontré plus haut, de faire grand.

Digitized by Google



Ph. Branger.

Fig. 118. — Nacelle du dirigeable *Welmann* (1906).

Digitized by Google

La carène avait donc un cube de 6 350 m. Son diamètre était de 16 m., la longueur ne dépassant pas 50 mètres.

La forme générale, comme dans le *Lebaudy*, se rapprochait du fuseau pointu à l'avant, de l'ellipsoïde de révolution à l'arrière.

Le ballon comportait quelques plans stabilisateurs horizontaux et verticaux, mais aucun n'était fixé sur l'enveloppe même. La vitesse modérée et le peu d'allongement rendent d'ailleurs la question de stabilité moins difficile à résoudre qu'avec des véhicules aériens qui cherchent avant tout à filer vite.

Le moteur principal avait, pour un poids de 275 kg, une force de 50 chevaux. Il devait actionner une hélice placée à l'avant de la nacelle, par conséquent tractive, de $5^m,70$ de diamètre, qui devait tourner à raison de 260 tours à la minute. On comptait obtenir avec elle une vitesse propre de 24 km. à l'heure, soit $6^m,66$ à la seconde.

Le second moteur, dit de secours, pesait environ 130 kg, et actionnait, à 285 tours, une hélice de $4^m,50$ de diamètre placée à l'arrière. Sa force, de 25 chevaux, devait donner une propulsion de 17 km. à l'heure.

Le fonctionnement simultané des deux propulseurs devait permettre d'atteindre, quand on le jugerait à propos, une vitesse de 30 à 32 kilomètres.

Avec ces moyens, on calculait que le voyage durerait dix jours. Les approvisionnements ont pu être prévus en conséquence.

La force ascensionnelle devait être d'un peu plus de 7000 kg. Le poids mort de l'enveloppe, de la nacelle, des moteurs, des agrès, engins d'arrêt, etc., était de 2 800 kg. En comptant, pendant un tiers du temps, sur des vents favorables pour avancer sans dépenser d'essence, on escomptait une consommation totale de 2 700 kg d'essence. Comme l'emploi des guide-rope devait permettre, pensait-on, d'éviter l'usage du lest, pour assurer l'équilibre vertical, il devait rester un disponible de 1 500 kg pour

Digitized by Google

les aéronautes, les provisions alimentaires, les instruments scientifiques, etc.

MM. Wellmann et Godard avaient manifesté l'intention de procéder au Spitzberg même, pendant l'été 1906, à une série d'expériences et d'essais, puis de tenter l'expédition l'année suivante.

Aussitôt l'aéronat achevé, M. Wellmann, avec une précipitation difficilement compréhensible, partait pour le Spitzberg avec tout son matériel, sans avoir procédé en France au moindre essai, sans avoir même gonflé une seule fois ! Puis immédiatement il s'installait en un lieu dénommé « Record Herald House », y édifiait un hangar, y construisait un grand camp, puis, dès le mois d'août, commençait les premiers essais de la partie mécanique, annonçant au monde par la télégraphie sans fil que tout s'annonçait bien.

Déjà les spectateurs affluaient, malgré la distance.

Mais lorsqu'on eut monté la nacelle, au milieu des glaces polaires, et mis en marche le moteur, tout se détraqua à tel point que la nacelle se brisa. Il n'y avait plus qu'à jeter à la mer ce matériel construit et transporté à tant de frais et en si peu de temps.

C'était d'ailleurs à prévoir : si le projet dans son principe était réalisable à la rigueur en l'état actuel de la science, les moyens employés étaient fort peu raisonnables.

N'était-ce pas une véritable folie que de vouloir, à cette époque où un seul modèle de dirigeable, dans le monde entier, a pu fonctionner convenablement et exécuter des parcours de 100 km., s'en aller jusqu'au Spitzberg, terre dénuée de toute autre ressource que celles que l'on aura emportées, avec un appareil aussi nouveau, de nature toute particulière, qui avait la prétention de faire 2 000 km., tout cela avant d'avoir essayé et mis au point cet appareil en pays civilisé, et notamment, constaté si les conditions d'équilibre, de stabilité de marche, de force, de dépense, de résistance des organes, etc., répon-

Digitized by Google

daient au calcul ? Il eût été temps, après, d'aller renouveler au Spitzberg les expériences faites en France auprès des ateliers de construction et de réparation.

En outre, le projet comportait bien des points sujets à caution.

On peut se demander si la part faite à l'imprévu est suffisante. Pour peu que les vents contraires dépassent la proportion supposée, ou que les conditions climatériques au pôle ne soient pas exactement celles que l'on a observées à 1 000 km. de là, on sera dépourvu, sans secours possible. Il ne faut pas oublier que l'on s'aventurera, à partir du 82e degré, dans une région où nul être humain n'a pu encore pénétrer, de laquelle, au moins, nul n'est revenu : on ne sait donc pas ce qu'on y trouvera. Si, comme certains le supposent, on trouve la terre ferme sans neige au pôle, le guide-rope cessera de rendre le service que l'on en attend ; que fût devenu alors ce gros dirigeable sans lest ? Qu'il eût été poussé par des vents en dehors de la route projetée et empêché de revenir à la base d'opération du Spitzberg, c'était un trajet double ou triple de celui prévu, avant de retrouver une terre habitée. Cela ne semble pas faisable sans moyen de fabriquer du gaz à bord et sans lest.

Quant aux traîneaux automobiles, leur emploi est plus que problématique dans une région où, jusqu'ici, ni traîneaux à chiens, ni piétons n'ont pu pénétrer ! Nous ne les voyons pas très bien traversant des bras de mer dégelés, gravissant des à-pic de glace de 50 m. de haut, etc.

La plus grosse objection possible, avec l'absence de lest, serait peut-être l'insuffisance de vitesse. On peut se demander si on avait raison de sacrifier la vitesse en donnant au ballon une forme médiocrement propre à la propulsion. Dans une tentative aussi hardie que celle-là, il paraît prudent de mettre de son côté tous les atouts, et la possibilité d'aller et de revenir vite semble être un des principaux.

Digitized by Google

Notre modeste impression est donc que ce curieux projet a besoin d'être mûri et modifié en quelques points, et qu'il n'aura de réelles chances de succès que lorsque le ravitaillement en gaz sera possible au moyen de l'hydrogène liquide, de l'hydrolithe, ou tout autre procédé analogue.

M. Wellmann toutefois ne désespère pas. Revenu à Paris, il a consulté à nouveau les sommités aéronautiques et a demandé à M. Julliot s'il considérait le dirigeable du pôle comme possible dès à présent et s'il consentait à se charger d'en construire un. L'éminent ingénieur a répondu que l'expédition projetée lui semblait réalisable et qu'il acceptait d'établir l'aéronat qui, à son sens, devait convenir à semblable opération, mais à la condition formelle qu'il serait laissé entièrement libre sur les moyens, et qu'il lui serait octroyé un délai d'un an pour la construction, plus trois mois pour les essais, avec faculté de les exécuter en France.

Malheureusement il paraît que les statuts de la société américaine s'opposent à des conditions semblables !

Le projet du pôle sud, moins original, est peut-être plus sûr et plus méthodique. Il diffère du premier surtout par le fait que le comte de La Vaulx ne prévoit pas l'emploi d'un aéronat spécial tout nouveau, créé tout exprès, mais se contentera de demander aux appareils aériens, sphériques et dirigeables, ce qu'ils auront déjà donné. Les explorateurs éviteront donc de s'embarrasser d'une formidable inconnue. Ils établiront une base principale d'opération au point le plus rapproché du pôle sud que puisse atteindre leur navire, puis procéderont ensuite par étapes successives, établissant à chacune d'elles une sorte de base secondaire, de poste de ravitaillement, d'où l'on gagnera la suivante, jalonnant ainsi une ligne de retraite qui diminuera les risques.

Digitized by Google

CHAPITRE X

LE DIRIGEABLE DANS L'ARMÉE ET DANS LA MARINE

Emploi dans l'armée de terre. — C'est surtout à l'armée que le dirigeable sera utile ; aussi, dès que les preuves faites par le *Lebaudy* ont été suffisamment convaincantes, le ministère s'est-il préoccupé d'étudier les services que cet engin nouveau pourrait rendre au pays, comme instrument de guerre.

Nous avons parlé déjà des expériences de Toul. Il ne nous appartient pas d'entrer dans des détails qui, d'ailleurs, restent confidentiels, mais il est permis de déclarer que ces expériences ont été complètement probantes, qu'elles ont réussi au delà de tout ce qu'on pouvait espérer.

La visite officielle du ministre de la guerre, son ascension, le ruban rouge si bien mérité de M. Julliot, la commande à cet éminent ingénieur d'un aéronat nouveau destiné à l'armée, sont assez de preuves que les autorités militaires ont jugé le *Lebaudy* susceptible de rendre de très grands services et d'entrer définitivement dans la phase de l'utilisation, et qu'elles se sont empressées de commander de suite un deuxième aéronat du même type.

Ces services seront évidemment très nombreux. Il semble qu'on puisse les classer en trois catégories : le dirigeable sera un agent de communication très précieux, un instrument offensif, surtout un moyen de reconnaissance merveilleux.

Pour nous rendre compte de ce qu'on pourra obtenir

Digitized by Google

avec lui, passons rapidement en revue les principaux cas où l'on pourra utilement employer un dirigeable du modèle du *Lebaudy*. Il sera facile d'en déduire ce que pourrait faire la *Patrie,* qui a une vitesse supérieure et un rayon d'action presque double.

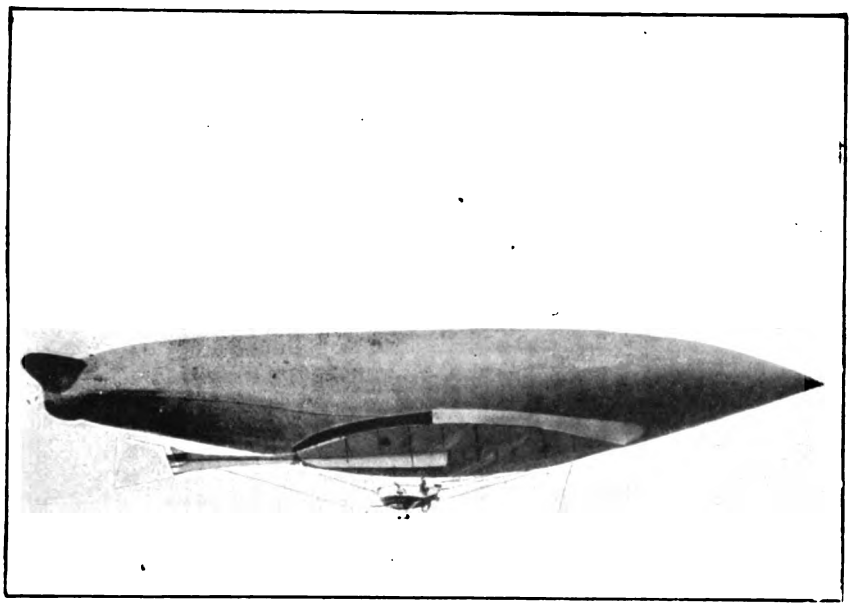


Fig. 119. — Le *Lebaudy* en plein vol, à 40 à l'heure.

Communication. — Tout le monde a présents à la mémoire les efforts désespérés faits en 1870 par les assiégés de Paris pour communiquer avec l'extérieur. On put bien arriver grâce aux ballons libres, grâce à de hardis fugitifs, à envoyer en province des nouvelles de la capitale, voire même transporter quelques passagers de marque comme Gambetta, mais ces différents moyens étaient fort restreints et très aléatoires. Il fut par exemple impos-

Digitized by Google

sible de faire connaître à temps la tentative de sortie de Champigny, parce que le ballon qui l'annonçait, poussé par des vents défavorables vers la zone des armées allemandes, vers le Rhin, puis la mer du Nord, ne put atterrir en territoire non ennemi qu'en Norvège, sur un plateau désert à 100 km. de Christiania, d'où il fallut de longs et pénibles efforts pour trouver le moyen de câbler vers la France les précieuses indications dont on était porteur.

Si les communications du dedans au dehors sont difficiles, elles ont été jusqu'ici impossibles de l'extérieur vers les assiégés. En dehors des très rares individus qui arrivent, en risquant cent fois leur vie, et par d'audacieux subterfuges, à s'infiltrer au travers des troupes assiégeantes, on n'a trouvé encore qu'un seul moyen de correspondre : le pigeon voyageur emporté par un ballon, et qui cherche à revenir au pigeonnier, l'aile chargée d'une dépêche réduite à une dimension très minime. Mais combien peu de ces messagers arrivent à destination ! L'ennemi, les oiseaux de proie les déciment en route, et souvent pas un seul ne parvient des cinq ou six partis avec la même dépêche. Et puis la place assiégée n'a qu'un nombre limité de pigeons, et aucun moyen de se réapprovisionner.

Depuis quelque temps un procédé de communication nouveau a surgi, la télégraphie sans fil, mais combien il est imparfait, lui aussi ! Depuis que l'on se sert de cette admirable invention, on a pu la perfectionner d'une façon extraordinaire au point de vue de la distance franchie par les ondes, mais on n'a pas pu arriver à trouver un procédé pratique de syntonisation, en sorte que la dépêche envoyée sera perçue par tous les postes, ceux de l'ennemi aussi bien que ceux auxquels on s'adresse, et que rien ne sera facile à cet ennemi comme de troubler et empêcher une communication. On ne peut donc pas compter non plus beaucoup sur cette ressource.

Digitized by Google

Avec le dirigeable tout changera : passant au-dessus des assiégeants soit par le brouillard, soit la nuit, soit à grande hauteur, il ira porter directement, rapidement et sûrement au point voulu le courrier des assiégés. Puis, après avoir touché sa ration de gaz et d'essence, il reprendra son vol pour rapporter aux assiégés, avec des nouvelles de l'extérieur, les instructions pour le gouverneur. Il sera donc facile de combiner les opérations entre la place et l'extérieur.

En pays de montagne on sait combien sont longues, pénibles et aléatoires les communications entre les différentes colonnes séparées par des massifs élevés, traversables en de rares endroits par des sentiers, que, seuls, les mulets peuvent suivre à l'allure du pas. Aujourd'hui le *Lebaudy* ne pourrait servir d'agent de communication en semblables circonstances que tout à fait exceptionnellement et d'une façon très réduite. Son disponible de lest ne lui permet pas en effet de s'élever plusieurs fois de suite sans réapprovisionnement à de très grandes hauteurs ; la *Patrie* elle-même ne le pourrait que difficilement. Mais nous venons de voir que très prochainement, selon toute vraisemblance, cela deviendra possible.

Actuellement, un détachement coupé par l'ennemi n'a aucun moyen de correspondre, de signaler son malheur, de recevoir des ordres. Demain, s'il possède un dirigeable, l'investissement de l'ennemi, ou la séparation qu'il subit, perdra une grande partie de ses conséquences. C'est surtout en pays de montagne que les colonnes peuvent se trouver isolées, coupées et qu'il peut y avoir intérêt à rétablir les communications et combiner les efforts. Il en sera de même aux colonies, où les routes sont rares et mauvaises et où on ne dispose pas de télégraphe.

Certains ont émis des craintes sur la façon dont le navire aérien pourrait se diriger par temps brumeux ou pendant les nuits sans étoiles. Qu'on se rassure, il existe

Digitized by Google

des boussoles compensées où l'influence des matières métalliques environnantes est annihilée; les sous-marins en possèdent déjà.

Artillerie aérienne. — Le dirigeable pourra-t-il jouer un rôle offensif? La question est assez controversée, et mérite qu'on s'y arrête.

Voici ce qu'en pense M. Julliot :

« Supposons qu'on ait préparé, à 30 ou 40 km. derrière le front d'une armée, une flotte de dix navires analogues au *Lebaudy* 1905, ils pourront, en deux heures, passer au-dessus des avant-postes amis et ennemis et porter chacun sur les parties vitales de l'armée adverse une cinquantaine de projectiles d'une dizaine de kilogrammes d'explosif, mélinite ou autre; ils pourront, avec ces projectiles armés au dernier moment, frapper au choix à la tête, jeter le désarroi dans les états-majors eux-mêmes, réduire l'armée ennemie à l'état d'un troupeau sans direction.

« Ce résultat s'obtiendra en ne compromettant, si on les compromet, que trente vies humaines et 3 millions de matériel, tandis qu'un cuirassé, dont l'action est limitée à la surface d'un élément et à ses bords, compromet plus de 800 personnes, plus de 30 millions, et est à la merci d'une torpille. »

Par contre, certaines personnes estiment que le rendement d'un dirigeable sera toujours beaucoup trop faible, son tir trop incertain, son effet très problématique, et demandent si le délestage de l'aéronat ne nuira pas gravement à sa stabilité.

Il semble que, du moins pour le moment, la vérité soit entre les deux. Sans exagérer les services que notre nouvelle flotte aérienne pourra rendre, il est hors de doute qu'elle en rendra beaucoup.

Ils seront de deux sortes : matériels et moraux.

Et d'abord, que peut emporter le *Lebaudy* 1905 ?

Digitized by Google

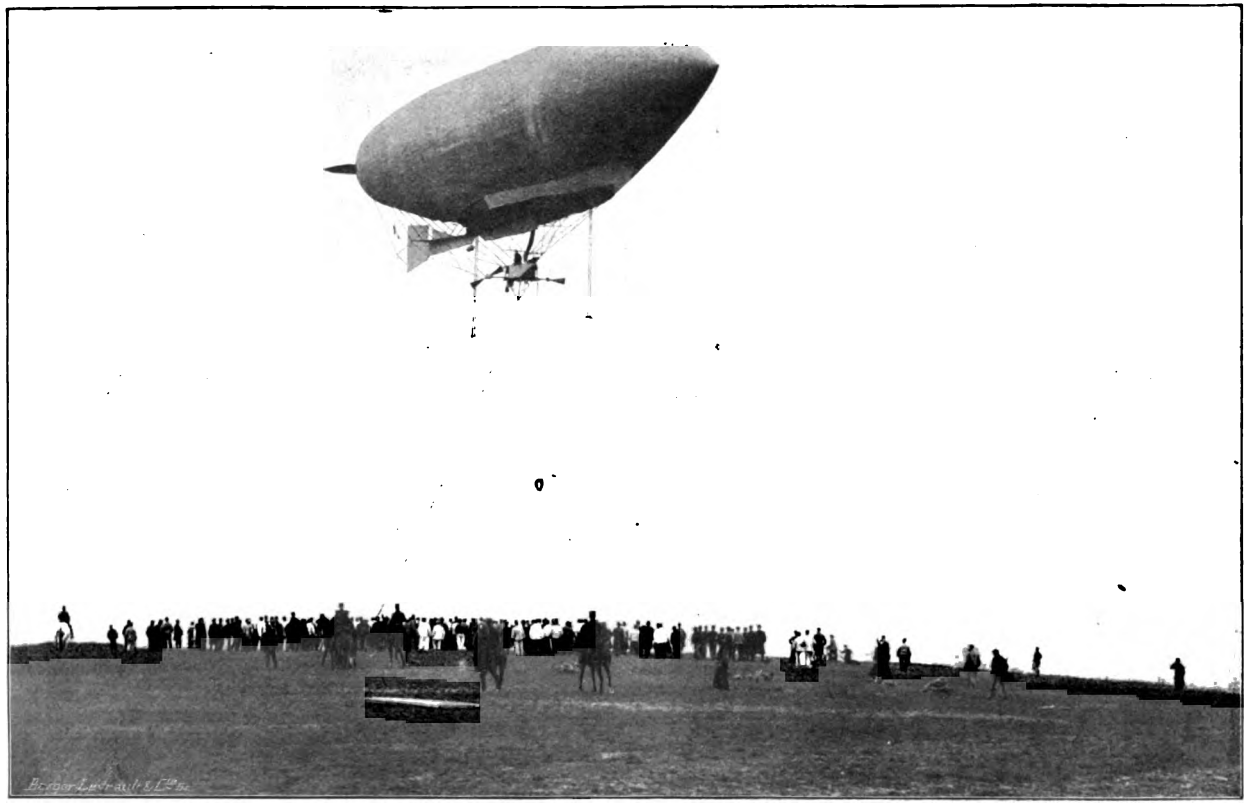


Fig. 120. — Atterrissage du *Lebaudy*. Lancement du serpent.

Digitized by Google

Nous avons vu que cet aéronat tel qu'il est peut emporter, en plus de trois passagers, 700 kg de provisions, lest, pétrole ou autre. Lorsqu'on le chargera spécialement d'aller détruire quelque organe de l'adversaire, il n'aura pas besoin des mêmes approvisionnements que pour une longue étape. Supposons par exemple qu'on lui demande une tournée de 60 km., soit moins de deux heures de marche, il lui suffira de 30 kg d'essence, mettons 50, pour parer à l'imprévu. Il devra monter haut pour pouvoir passer sans risques au-dessus des premières lignes ennemies. Une ascension de 1 000 m. oblige à jeter environ 250 kg de lest. On dépense en outre pour les besoins de la manœuvre, etc., 30 kg par heure. Ajoutons-en 40 pour parer aux imprévus et atterrir, cela fait un total de 400 kg. Si ce calcul est peut-être un peu juste, il faut remarquer, par contre, que les délestages dus au lancement de projectiles viennent en déduction de la consommation horaire de lest. En cas d'absolue nécessité on a toujours comme dernière réserve de lest un serpent guide-rope qui pèse 50 kg et divers objets qu'on pourrait sacrifier pour trouver encore un délestage d'autant.

Nous voyons par là qu'il nous reste un disponible de 300 kg que nous pouvons consacrer aux projectiles [1]. Or les projectiles du dirigeable auront un tout autre rendement que ceux de l'artillerie.

Les projectiles explosifs d'artillerie, en effet, doivent avoir un poids déterminé, une densité très grande, afin d'assurer, par le poids par unité de section, la conservation des qualités balistiques. Ils doivent être organisés de façon à pouvoir résister au choc de départ, épouser la rayure, etc. Toutes ces conditions font que le

1. Ces chiffres s'appliquent au *Lebaudy;* avec la *Patrie* on a une capacité de transport sensiblement supérieure. Cet aéronat, soulevant un poids utile (aéronautes, lest et essence) de 1 260 kg, une course de deux heures, à 1 000 m., avec quatre aéronautes et 50 kg pour l'imprévu, pourrait dans le cas considéré transporter 600 kg de projectiles.

Digitized by Google

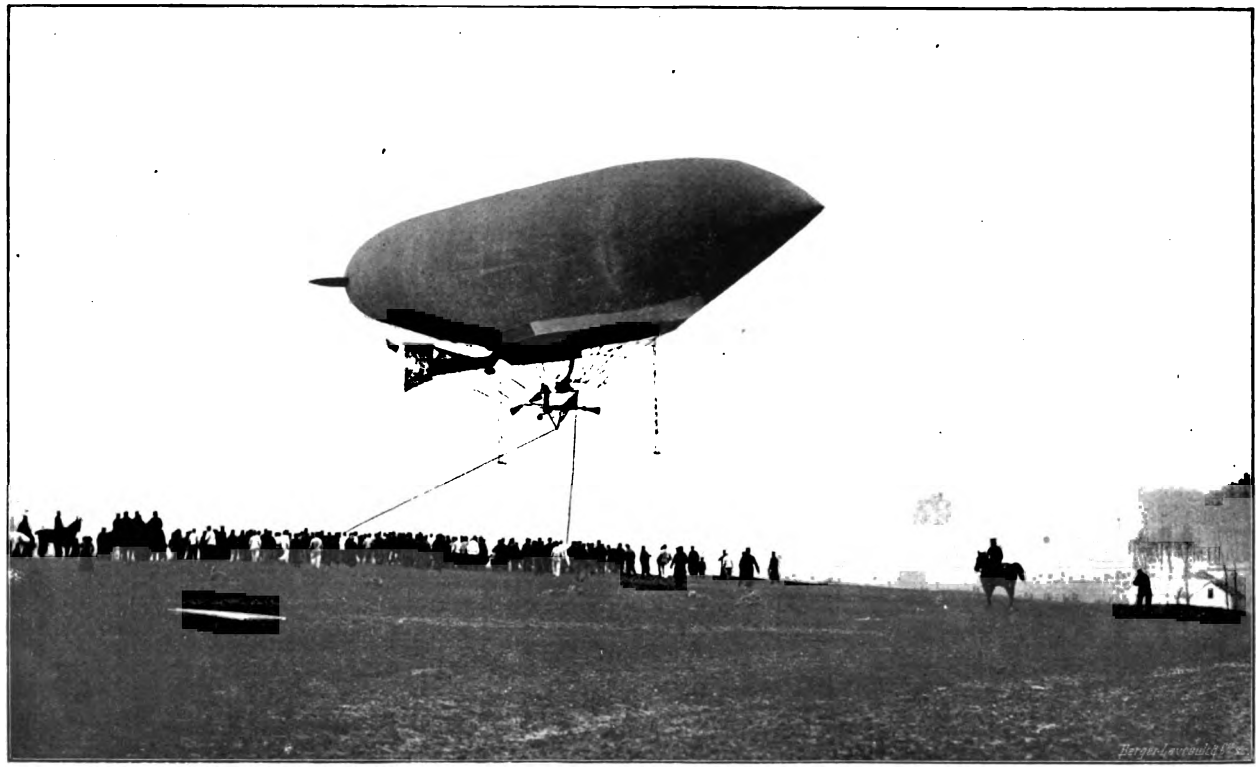


Fig. 121. — Atterrissage du *Lebaudy*. Descente, les deux guide-rope à terre.

Digitized by Google

poids utile, celui de l'explosif, est très faible par rapport au poids total. L'obus à mélinite du 120 pèse $20^{kg},350$ et ne contient que $4^{kg},500$ d'explosif, soit un rendement de 22 °/₀ environ.

Il en sera tout autrement pour les projectiles des dirigeables. Il leur suffira, semble-t-il, d'une carapace protectrice très légère, analogue à celle des pétards de mélinite, et d'un appareil détonateur. On peut donc admettre 80 à 90 °/₀ de rendement. Il appartient aux artilleurs de faire des recherches et des expériences en vue de l'établissement de projectiles de ce genre, et d'étudier quels effets matériels on pourrait en attendre.

En tous cas il semble que ce ne pourraient guère être que des projectiles percutants ; on ne voit pas bien, en effet, comment l'aéronaute pourrait, avant de lancer un explosif, estimer la distance avec une justesse assez grande pour régler l'évent d'une fusée fusante ; son baromètre lui donne assez exactement son altitude, mais celle de l'objectif ne sera connue avec assez d'exactitude d'après la carte que dans des cas assez rares.

Le projectile explosif plein de matière brisante dont nous venons de parler serait destiné au matériel ; il agirait en somme comme la charge posée par le sapeur au pied d'un obstacle, ou, si l'on veut, comme la torpille sous-marine, toute proportion gardée quant aux dimensions. Il ne semble pas possible de songer à donner à ces projectiles de la force de pénétration pour deux raisons : ils partiront forcément d'une vitesse nulle et n'acquerront que celle qu'ils devront à la loi de la chute des corps, assez grande, il est vrai, pour une hauteur de 1 000 m. surtout. D'autre part il paraît difficile de leur donner une carapace résistante et une forme favorisant la pénétration, sous peine de réduire beaucoup la quantité d'explosifs ou le nombre déjà faible de projectiles qu'on peut emporter.

Leur pouvoir destructif ne sera donc pas extrêmement

Digitized by Google

considérable. Il ne peut être question de leur faire attaquer un cuirassement quelconque. Par contre, il semble qu'ils pourront agir efficacement contre tout ce qui n'est pas protégé verticalement. La toiture d'une maison sera assez facilement percée, et l'explosif pourra alors, en éclatant à l'intérieur, démolir l'habitation ; on pourra

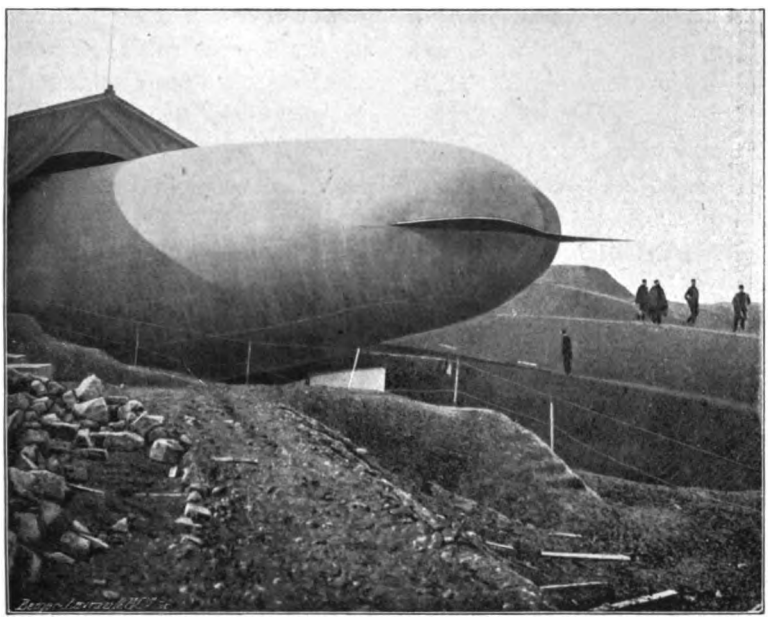


Fig. 122. — Le *Lebaudy* sortant de son antre à demi souterrain.

incendier certains magasins ; il sera possible de rompre un pont de bateau, etc.

Pour agir contre le personnel, un projectile à balles à fusée percutante et à projection en couronne paraîtrait préférable. Il y a toute une étude à faire sur ce point.

En tous cas, il est évident que ces projectiles, s'ils tombent au bon endroit, pourront faire des ravages matériels ;

Digitized by Google

par exemple un projectile, quelle que soit sa nature, qui éclaterait au milieu d'une troupe rassemblée, y commettrait certainement des dégâts. Celui qui tomberait dans un état-major pourrait atteindre des officiers dont l'existence est particulièrement utile à l'armée.

Mais nous estimons que leurs effets seraient surtout des effets moraux.

Les fougasses russes à Port-Arthur et à Liao-Yang produisaient certainement dans les rangs des Japonais des pertes cruelles, mais surtout elles y déterminaient des paniques qu'on s'explique assez aisément ; et la crainte seule de ce danger suffisait souvent pour faire perdre aux assaillants ce bel entrain qu'on a tant remarqué en toute autre circonstance.

N'est-il pas vraisemblable que la fougasse aérienne produira un effet analogue ? On s'imagine facilement l'impression que produira sur une troupe une pluie de projectiles tombant du ciel. Ces projectiles même n'auront pas besoin de tomber pour produire leur effet, il suffira qu'on voie, qu'on entende le dirigeable, pour qu'on ne soit plus du tout à son affaire ; que ce dirigeable vienne se placer exactement au zénith, alors, on n'y tiendra plus, et pour échapper à ses coups, on se dispersera, on perdra tout ordre et toute cohésion.

Et les troupes au cantonnement, croit-on qu'elles conserveront leur calme et jouiront du repos voulu, quand, tel un colossal frelon, le dirigeable ennemi rôdera bruyamment dans les environs, prêt à lâcher à toute occasion quelqu'une de ses grenades, ne serait-ce que par manière de délestage ?

Et les bivouacs si visibles, de nuit comme de jour, ne seront-ils pas des objectifs merveilleux où tous les coups porteront?

On a reproché au *Lebaudy* le bruit considérable que fait son moteur et le sifflement de ses hélices rapides. Ce bruit est-il vraiment un défaut, et ne serait-il pas plutôt

Digitized by Google

un élément démoralisateur pour l'ennemi ? Il nous semble que les troupes qui entendront ce bourdonnement significatif n'auront plus qu'une préoccupation : voilà le dirigeable, où est-il ? Dès qu'il sera en vue, tous les yeux seront tournés vers lui, et quand il approchera de la verticale, toutes les troupes qui n'auront pas le cœur bien trempé et la discipline bien ferme oublieront leur mission et se débanderont pour échapper à un danger qu'elles s'exagéreront.

C'est donc, nous en sommes persuadés, surtout comme agent démoralisateur que le dirigeable pourra agir contre les troupes, à condition, bien entendu, que sa menace soit accompagnée d'un certain effet, que sa promenade soit jalonnée par un tir assez fréquent, sinon on finirait par le considérer comme un engin inoffensif.

Il est une nature d'objectifs que le dirigeable semble particulièrement propre à détruire, les ballons captifs du service de l'aérostation militaire de l'ennemi.

Il saute aux yeux que le dirigeable aura toute facilité pour les atteindre. Leur manque de mobilité, leurs dimensions en feront des cibles parfaites. Le dirigeable viendra se placer au-dessus et abandonnera un projectile de nature quelconque ; le malheureux captif n'aura aucun moyen d'échapper ni de se défendre.

Il nous semble que, pour ce cas particulier, l'explosif n'est pas indispensable ; il ne paraît pas nécessaire de perdre 10 kg pour crever l'enveloppe d'un ballon. Un simple instrument tranchant suffirait pour créer une ouverture, il n'y aurait qu'à assurer l'inflammation de l'hydrogène à l'orifice créé ; l'instrument pourrait s'en charger en même temps.

Le dirigeable, quels que soient les moyens d'attaque qu'on mette à sa disposition, sera certainement un ennemi terrible pour les ballons de l'adversaire ; ceux-ci, visibles de très loin, incapables de se dissimuler, n'auront pas d'autre moyen d'échapper à la certitude d'une

Digitized by Google

chute, fatale aux aéronautes et au matériel, que de redescendre à terre aussitôt qu'un dirigeable sera en vue. Dès que celui-ci paraîtra, nous verrons donc probablement tous les ballons captifs de l'adversaire replier leur câble en toute hâte et cesser d'observer, tant que cet ennemi redoutable évoluera dans la région, et peu d'instants après ils seront mis hors de service par le couteau, ou détruits complètement par un explosif.

On peut donc penser que l'emploi du ballon captif sera absolument impossible pour une armée dont l'adversaire possédera un seul dirigeable. Ce seul résultat suffirait à justifier l'utilisation du dirigeable comme engin de guerre.

L'emploi des ballons dirigeables comme batteries aériennes soulève une question de droit. On a pu dire que ce genre de tir était interdit par les conventions de La Haye.

C'est une erreur.

La « convention spéciale » dont il s'agit, annexée à la conférence de La Haye, a été signée le 29 juillet 1899. Et elle stipule exactement ceci : « Les puissances contractantes consentent *pour une durée de cinq ans* à l'interdiction de lancer des projectiles et des explosifs du haut de ballons ou d'autres modes analogues nouveaux. »

Cette interdiction n'était valable que jusqu'au 29 juillet 1904. Elle n'a pas été renouvelée, et il est bien évident qu'elle ne le sera pas. Nul ne se permettrait de demander à la France de renoncer à l'emploi d'un engin de guerre d'aussi grande valeur, uniquement parce qu'elle est seule à le posséder. D'ailleurs, toutes les grandes nations se préoccupent avec fièvre de nous imiter; si leurs efforts jusqu'ici n'ont pas encore été couronnés de grand succès, ces efforts seuls leur interdisent de soulever des difficultés à celle qui a été assez habile pour les devancer.

On peut d'ailleurs faire remarquer que l'Angleterre a refusé de signer cette convention.

Digitized by Google

Et puis, si l'on prétendait interdire tout rôle offensif au dirigeable, il serait indispensable de le rendre inviolable. On ne peut admettre qu'un engin de guerre soit condamné à recevoir des coups sans pouvoir en donner.

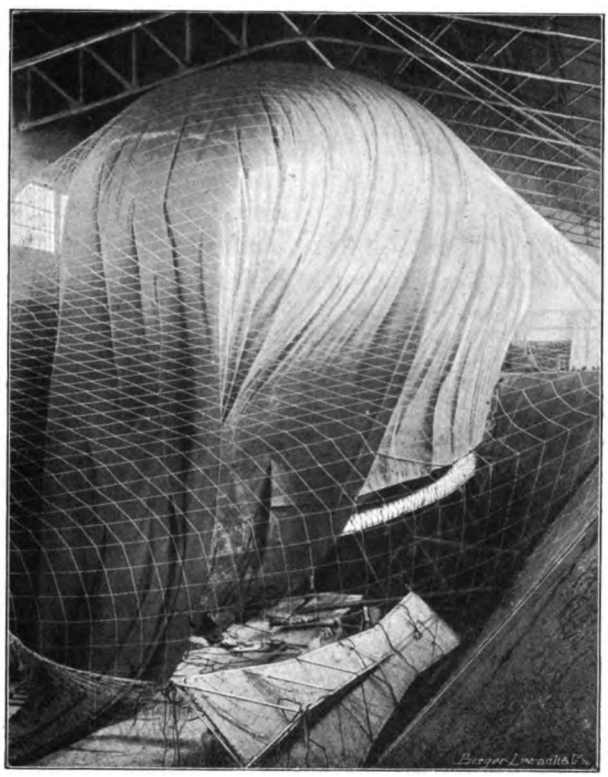


Fig. 123. — Le ballon du *Lebaudy* pendant le dégonflement.

Pourquoi d'ailleurs voudrait-on interdire le tir du dirigeable, instrument infiniment moins dangereux matériellement que quantité d'autres qu'on tolère ? Il y aurait bien plus de raison de proscrire l'emploi des sous-marins qui agissent traîtreusement. Si l'on voulait rendre

Digitized by Google

la guerre inoffensive, il faudrait supprimer les canons, les fusils, les torpilles et les armes blanches !

On peut se demander si le tir vertical du haut d'un ballon aura une justesse suffisante pour qu'on ait des chances d'atteindre le but visé.

Des expériences ont été faites sur ce point à Toul; elles conservent, bien entendu, un caractère confidentiel (1); on peut cependant sans indiscrétion dire qu'elles ont été très satisfaisantes et ont prouvé qu'on pouvait, même d'une grande hauteur, atteindre facilement une grande partie des objectifs sur lesquels il pourrait y avoir intérêt à jeter des projectiles.

Il suffit d'ailleurs, dit fort justement M. Julliot, qu'une partie des projectiles portent bien : les autres ne seront pas perdus, par suite de l'effet moral particulier qu'ils produiront.

On a pu faire à cette application du dirigeable des objections d'ordre technique.

L'abandon, a-t-on demandé, de projectiles pesants, qui constitue un brusque délestage, n'est-il pas de nature à déséquilibrer un aéronat de forme allongée, à compromettre sa stabilité ? La sage organisation de nos dirigeables et l'expérience répondent victorieusement à cette objection.

Nous avons vu qu'à l'intérieur du grand ballon se trouve un ballonnet dans lequel un ventilateur puissant peut envoyer de l'air à raison de 1 m³ par seconde.

Lorsqu'on abandonne un projectile de 20 kg, par exemple, le ballon se trouve délesté du même poids, et par conséquent la force ascensionnelle augmentée d'autant. Si l'on veut conserver l'équilibre et rester en place, il suffit de lâcher 18 m³ de gaz, qu'on remplace, pour

1. Des comptes rendus très précis de ces sortes de tirs ont été donnés dans certains journaux ; nous pouvons affirmer qu'ils sont inexacts et même complètement fantaisistes.

Digitized by Google

maintenir le volume total, par l'envoi dans le ballonnet de 18 m³ d'air. Étant donné le débit du ventilateur, cela demande dix-huit secondes.

Et pendant ces dix-huit secondes, le déplacement réel en hauteur est insignifiant.

Ce déplacement peut d'ailleurs être diminué et presque

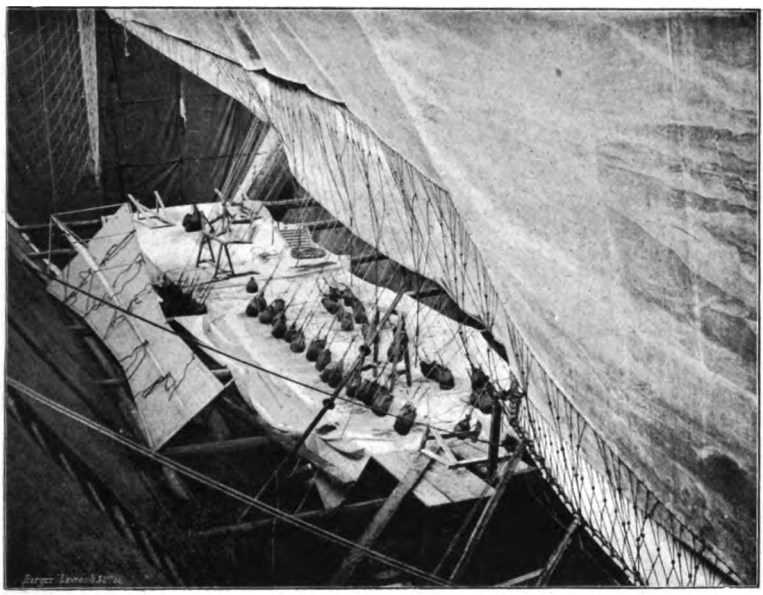


Fig. 124. — Le démontage du *Lebaudy*

supprimé si on a soin d'appliquer le remède avant que le mal se manifeste, c'est-à-dire de commencer l'abandon du gaz quelques secondes avant le lancement du projectile (de préférence douze secondes pour un projectile de 20 kg).

En effet, par suite de la force d'inertie et de la grande surface de résistance que présente un aéronat dans le

Digitized by Google

sens vertical, celui-ci aura à peine commencé, au bout de douze secondes, à esquisser le mouvement de descente déterminé par le lâcher progressif de ces 13 m³ de gaz (diminution de 13 kg de force ascensionnelle) lorsque le lancement du projectile, délestant de 20 kg, créera une force un peu supérieure en sens contraire, force qui sera exactement équilibrée, quelques secondes après, dès que les 18 m³ de gaz se seront écoulés.

La même manœuvre pourra être renouvelée sans interruption. Il ne s'ensuivra qu'un très léger balancement de bas en haut, qui, dans ces durées de dix-huit secondes, n'atteindra pas une amplitude de plus de quelques mètres.

Pour des délestages successifs de 20 kg, avec un ballon de la forme et du volume du *Lebaudy,* il serait donc absolument insignifiant.

On peut donc admettre que, lorsque l'aéronaute voudra conserver son altitude, il pourra lâcher toutes les neuf secondes un projectile de 10 kg, ou toutes les dix-huit secondes un de 20, ce qui correspond au jet sur un objectif déterminé de 200 kg d'explosif en trois minutes. On n'aurait d'ailleurs guère intérêt à agir plus vite, car il est préférable d'observer les points d'éclatement pour pouvoir, dans une certaine mesure, régler ce genre de tir.

Mais pour cela il est évident qu'il faudrait que le dirigeable pût se maintenir au même point de l'espace un certain temps. Or M. Juchmès a prouvé devant tous les yeux à Toul, le jour même de l'ascension du ministre, qu'un pilote habile pouvait arriver à maintenir mathématiquement son aéronat la pointe au vent, en donnant à sa propulsion exactement la force voulue pour contrebattre parfaitement celle du vent, c'est-à-dire immobiliser d'une façon absolue le dirigeable par rapport au sol. Dans ces conditions, la précision d'un tir prolongé ne peut pas subir de difficultés.

Digitized by Google

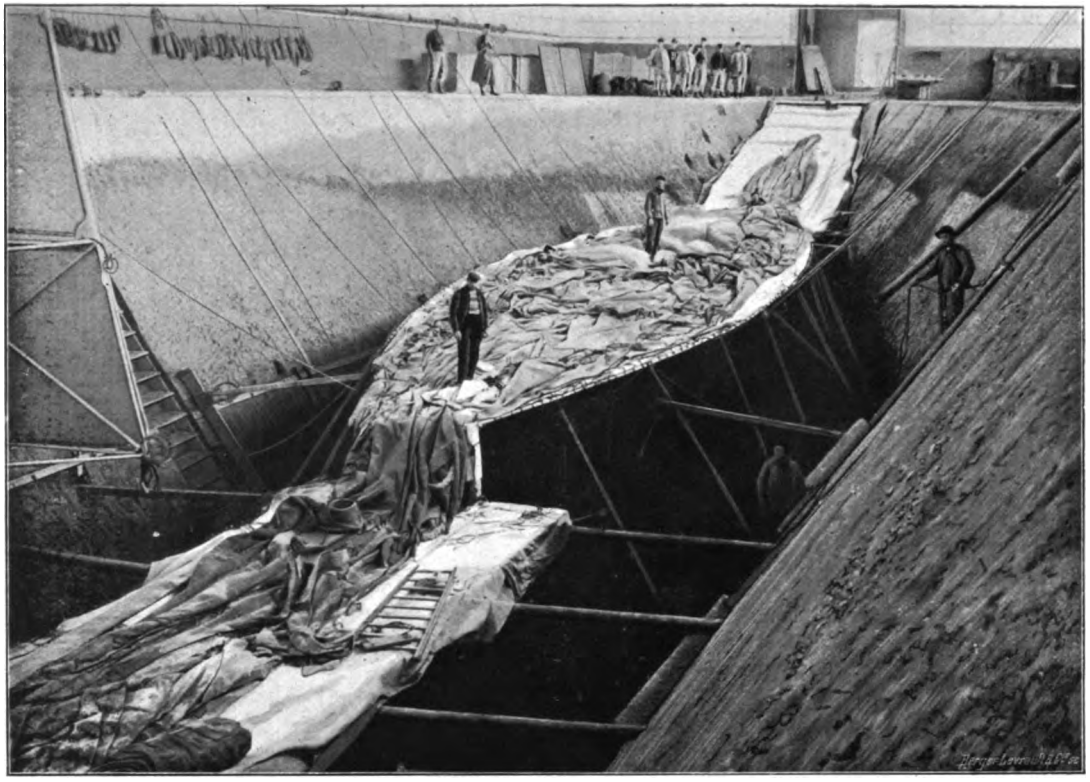


Fig. 125. — L'enveloppe dégonflée du *Lebaudy*.

Digitized by Google

On pourrait lâcher des projectiles beaucoup plus lourds que ceux dont nous venons de parler; mais leur lancement ne saurait être compensé de la même façon : le jet d'un poids double déterminerait un mouvement à peu près quadruple qui serait alors assez sensible pour qu'il y ait intérêt à l'éviter.

Toutefois, une expérience a montré qu'en cas d'utilité il serait possible d'abandonner, à la fois ou en peu de temps, des quantités bien plus fortes de projectiles sans aucun danger pour l'aéronat. Celui-ci, délesté, se mettrait à monter plus ou moins rapidement, voilà tout.

Cette expérience, involontaire, mais qui n'en a pas été moins instructive, est celle que nous avons décrite au début de cet ouvrage : on se souvient que, le 28 août 1904, le *Lebaudy,* las d'obéir toujours si fidèlement à ses maîtres, dans un moment de révolte, rompit ses amarres, quelques instants après que ses deux aéronautes eussent mis pied à terre et avant qu'ils n'eussent eu le temps de remplacer leur poids par du lest.

Tout se passa à ce moment comme si l'on avait subitement délesté de 100 à 120 kg (en tenant compte du gaz lâché pour l'atterrissage). Or le ballon s'éleva rapidement mais sans aucun accident et sans aucune perturbation de son équilibre général.

On peut donc en déduire que, si le capitaine du dirigeable ne voit pas d'inconvénient à monter, par exemple à la fin d'un tir, il peut, sans hésiter, lâcher la quantité de projectiles qu'il voudra, sans se préoccuper de la durée de cette opération.

Toutefois, il semble probable que l'on s'en tiendra à peu près à des bombes de 20 kg, poids susceptible de produire des effets notables, et qui permettra en même temps d'en emporter un nombre raisonnable. On se contentera même vraisemblablement de celles de 10 ou de 5 kg, qui, lorsqu'on ne cherche qu'un effet moral, seraient très suffisantes. Pour les tirs contre ballons captifs

Digitized by Google

ennemis, il suffira même, comme nous l'avons vu plus haut, de projectiles beaucoup plus légers encore.

Reconnaissance. — Donc, en fait aussi bien qu'en droit, le dirigeable est et sera un instrument offensif redoutable, en même temps qu'un précieux agent de communication.

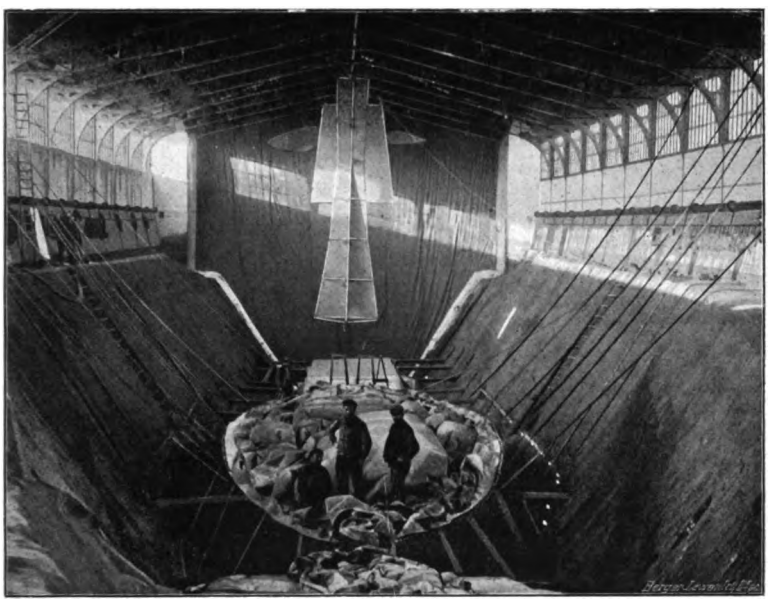


Fig. 126. — Intérieur du manège de la Justice, à Toul, pendant le démontage du *Lebaudy*.

Mais, par-dessus tout, ce sera un organe de reconnaissance d'une valeur incalculable.

Actuellement, quels sont les moyens d'investigation que possède un commandant d'armée pour s'éclairer sur la situation.

Il a les espions, dont les services sont bien aléatoires.

Digitized by Google

Il a les reconnaissances d'officiers d'état-major ou de cavalerie. Mais ces reconnaissances ne peuvent, à de rares exceptions près, déterminer que des contours. Leurs indications sont généralement très peu précises et souvent contradictoires. La zone d'action de chacune d'elles est bien réduite par l'allure et l'endurance des chevaux et les précautions qu'il y a à prendre. Il s'ensuit que, ne voyant que peu de chose et dans un secteur très limité, ces officiers se font souvent une idée très fausse de la situation générale et contribuent parfois involontairement à induire le commandement en erreur. Leurs rapports arrivent en outre très tard, souvent trop tard.

Il y a le ballon captif.

On compte un peu sur le ballon captif. Il est incontestable qu'il rendra des services, mais combien difficilement ! Rivé par son câble à un treuil fort lourd, il est extrêmement peu mobile et lié presque obligatoirement aux routes. Son câble a une longueur totale de 1 000 mètres. En pratique, il s'élève rarement à plus de 500, hauteur à laquelle le poids du câble enlève déjà une notable partie de la force ascensionnelle.

Étant très peu mobile [1], il est très vulnérable, aussi admet-on partout qu'il doit se tenir au delà de toute portée d'artillerie, c'est-à-dire à 6 000 m. des canons ennemis. A cette distance, l'observation, on le devine aisément, est extrêmement pénible. D'ailleurs, l'angle de 1/12 que lui donne une hauteur de 500 mètres,

1. Les *Drachen-Ballons* allemands, ou ballons cerfs-volants, sont beaucoup moins mobiles que les sphériques français, car ils offrent une telle prise au vent qu'on est obligé de fixer leur voiture-treuil au sol, tandis que nos ballons peuvent se déplacer au pas, voire au trot, pendant l'observation même. Cet inconvénient est si grave, que, sans l'avouer devant le public, les aérostiers allemands construisent un certain nombre de ballons sphériques analogues aux nôtres. La seule mobilité que possèdent les *Drachen-Ballons* est celle, partagée naturellement avec nos captifs, qui est due, d'abord au vent qui remue toujours plus ou moins l'aérostat, puis à des tractions latérales irrégulières qu'on peut effectuer avec une corde sur un point du câble déroulé.

Digitized by Google

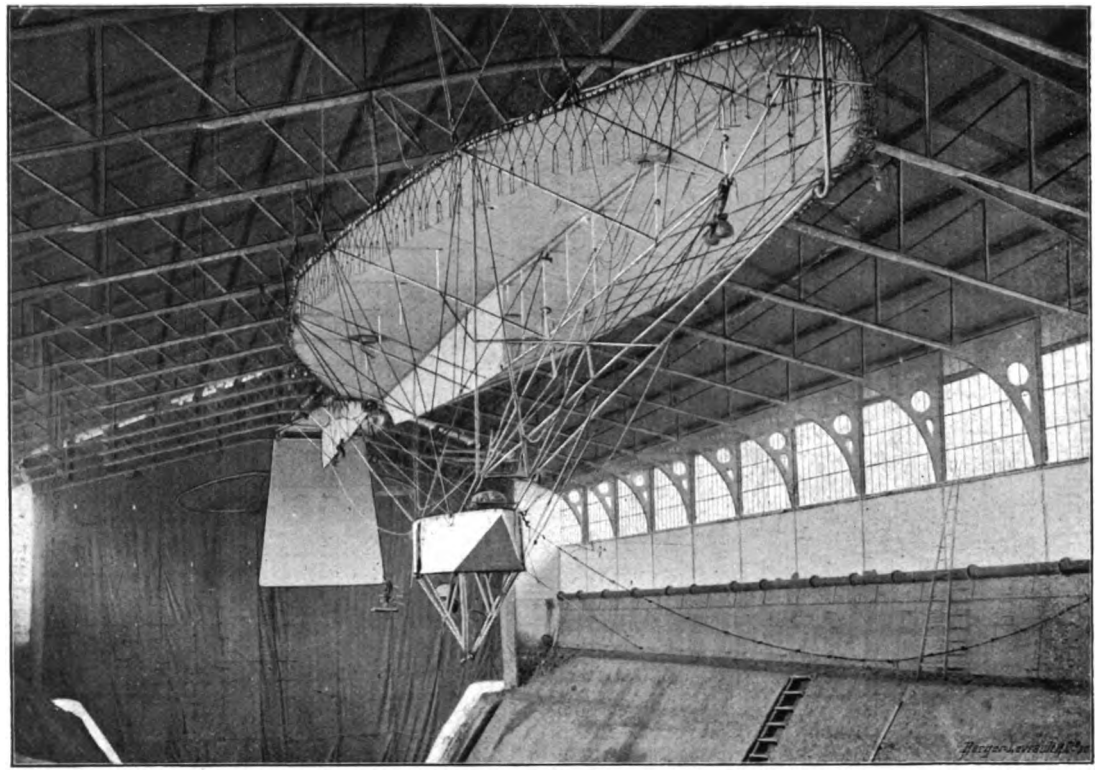


Fig. 127. — Installation d'alerte du *Lebaudy*, à Toul, pendant l'année 1906.

Digitized by Google

ne lui permet pas de voir au delà des mouvements de terrain un peu prononcés, qui continueront à défiler à sa vue les emplacements et les mouvements des troupes.

Enfin, pour observer d'un ballon captif, il faut être un spécialiste. Sans parler de l'aspect tout particulier que présente le terrain du haut de la nacelle, aspect qui nécessite, pour s'y reconnaître avec une carte, une habitude particulière, il est indispensable d'avoir... le pied aérien. La nacelle, en effet, pour peu qu'il y ait du vent, éprouve, dans la lutte que se livrent la force ascensionnelle du ballon et la retenue du câble, des trépidations extrêmement désagréables auxquelles beaucoup préfèrent le balancement de la mer. En outre, ballon et nacelle sont souvent entraînés, avec les câbles en corde, dans une rotation assez rapide à droite puis à gauche, qui fait tourner la tête et achève de gêner l'observateur. Voilà pourquoi les officiers insuffisamment entraînés, que les états-majors envoient parfois observer du haut du ballon, ne voient rien et sont obligés de s'en remettre purement et simplement aux indications que leur donne leur camarade du génie, habitué à ces petits ennuis, mais plus ou moins absorbé par la manœuvre même du ballon et moins exercés aux observations tactiques.

Enfin, le dernier moyen de « savoir » que possède le chef, le seul un peu sérieux, quoique encore trompeur dans bien des cas, c'est le combat, mais combien ce moyen-là est coûteux ! Que de sacrifices de vies humaines ne fait pas, dans certaines circonstances, le général qui a absolument besoin de s'éclairer sur certains points, et ne peut le faire qu'en tâtant l'ennemi !

Le dirigeable, lui, suppléera, et avantageusement, à tous ces modes d'investigation.

D'une hauteur de 700 mètres, on voit parfaitement les hommes isolés, qui ont l'aspect d'un point noir, bien qu'il soit impossible de distinguer ni leur uniforme ni

Digitized by Google

même si ce sont des militaires. De 1 000 mètres, on aperçoit encore l'homme isolé, et l'on voit très bien les troupes, qui se détachent en groupes de points noirs sur un sol toujours beaucoup plus clair. Les formations de

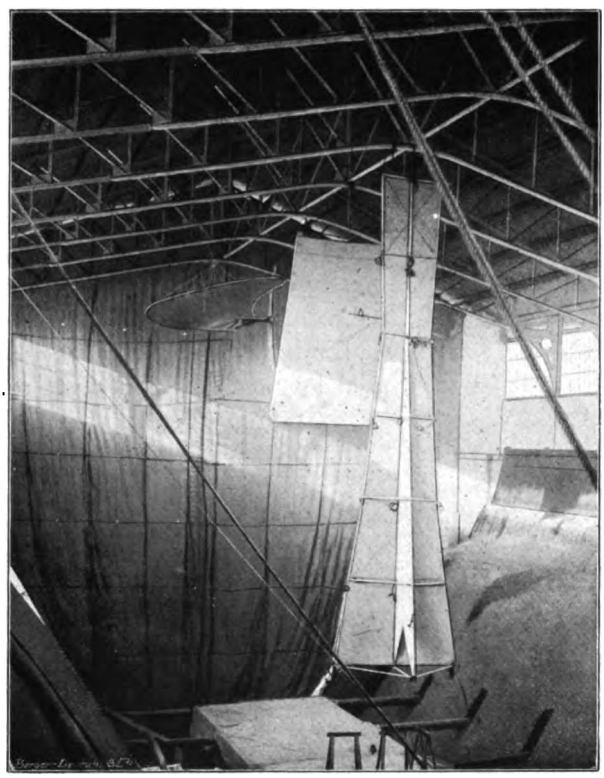


Fig. 128. — La flèche, le gouvernail et le papillon du *Lebaudy*.
(Installation d'alerte de Toul.)

route, de rassemblement, de combat apparaissent très distinctement. Les chevaux isolés se voient assez bien, seuls les canons de 75 avec leur teinte claire ressortent peu, mais leurs groupements d'attelages sont assez signi-

Digitized by Google

ficatifs et rien n'est facile comme de compter les voitures d'artillerie d'une colonne et par conséquent d'en déduire le nombre de pièces.

Ce que nous disons là s'entend de la visibilité à l'œil nu; il est bien évident qu'avec des instruments d'optique quelconques l'observation sera plus précise encore.

Enfin il faut remarquer que, à 1 000 mètres, le dirigeable est six fois plus rapproché des objectifs à observer que le ballon captif; que, d'autre part, les rayons visuels traversent bien plus facilement la couche atmosphérique de haut en bas qu'obliquement : la moindre brume suffit pour aveugler le captif, cette même brume est insensible d'en haut.

Dans ces conditions, le dirigeable, même à des hauteurs où il est pratiquement hors de portée de canon, pourra avec la plus grande facilité reconnaître les mouvements de troupes en marche et leur composition, la situation de troupes rassemblées, ou estimer la valeur de troupes en formation de combat.

Les ouvrages de fortification se voient très bien, de même que les simples tranchées de champ de bataille. La lueur et la poussière du tir d'artillerie ne pourront, malgré tous les défilements, lui être cachées.

Les bois seuls échapperont à ses investigations, de même que tout ce qui occupe des bâtiments quelconques sans se manifester à l'extérieur. Nous pouvons nous demander si l'importance déjà si grande du rôle des bois dans les combats modernes n'augmentera pas encore le jour où les dirigeables se seront multipliés.

Il faut noter aussi qu'on se sent en dirigeable parfaitement à son aise. N'importe quel officier d'état-major, les généraux eux-mêmes, peuvent y monter et y faire œuvre utile.

Les services que ces précieux engins pourront rendre comme agents de reconnaissance s'étendent à toutes les périodes de la campagne.

Digitized by Google

Pendant la concentration, qu'est-ce qui les empêche d'aller étudier les mouvements des troupes de couverture, et les zones de concentration. Ces zones, connues d'avance dès le temps de paix, dans leurs grandes lignes, par les quais de débarquement, seront faciles à distinguer par l'animation qui s'y manifestera autour des gares, par la fréquence des trains, la multitude des colonnes qui rayonneront de ces gares vers les localités environnantes. On pourra ainsi déterminer quelles sont les stations qui, par leur calme relatif, sont en dehors de la zone utilisée. Bien entendu, pendant cette période, les projectiles lâchés sur les gares et les trains pourront produire des dégâts fâcheux.

Quand les hostilités battront leur plein, à la veille du grand choc, il sera extrêmement facile de se rendre compte de la direction, de la valeur des longs cordons noirs qui sillonneront les routes. Un officier exercé pourra les reporter facilement sur une carte d'état-major et préciser ainsi en très peu de temps la situation exacte d'une armée entière.

Un corps d'armée occupe en effet sur une route en formation de marche ordinaire une longueur de 24 km. Le suivre de la tête à la queue sera, pour le *Lebaudy* 1905, l'affaire de quarante minutes. En admettant que la proximité des différentes colonnes ne lui permette pas d'en visiter deux à la fois, on voit, en comptant dix minutes pour passer d'une route à l'autre, qu'en trois heures environ, il aura pu inspecter entièrement quatre corps d'armée. Ajoutons deux heures de trajet aller et retour s'il y a à parcourir 35 à 40 km. pour se rendre dans la région à inspecter, on voit que l'aéronat, parti à 5 heures du matin du quartier général, pourra, dès 10 heures du matin, rapporter au commandant de l'armée un renseignement bien précis et bien complet et d'une incalculable importance.

Le *Lebaudy* pourrait-il fournir une pareille course ?

Digitized by Google

La dépense sera approximativement de :

Ascension à 1 000 m.	250 kg
Cinq heures de marche à 30 kg à l'heure. .	150
Cinq heures d'essence à 14 kg.	70
Total.	470 kg

Or nous savons que ce dirigeable peut transporter 800 kg, ou, en déduisant le poids de trois aéronautes, 600 kg de lest et de pétrole. Il restera donc, dans ce cas particulier, encore 130 kg pour les aléas, sans compter les 100 kg d'objets divers, comme le serpent lourd, etc., qu'on pourrait jeter en cas de nécessité. Avec le *Lebaudy,* on pourra remplir une mission d'envergure double, ou, pour une mission telle que la précédente, emporter, en plus, quelques centaines de kilogrammes de projectiles; en outre, cette mission pourra être achevée en un temps moindre.

Un croquis schématique montrera plus clairement ce qu'on pourrait demander à un instrument comme le *Lebaudy*. Supposons qu'il y ait à exécuter une reconnaissance générale de la zone occupée par une armée ennemie de quatre à cinq corps s'étendant, détachements d'aile compris, sur un front d'environ 50 km. avec 40 de profondeur, et en particulier à déterminer les ailes. Admettons qu'à ce moment les avant-postes des deux partis soient à une dizaine de kilomètres les uns des autres, que notre dirigeable soit lui-même à 20 km. en arrière des nôtres. Figurons son parcours, pour simplifier, par un triangle équilatéral, nous voyons qu'il peut pénétrer de 30 km. dans la zone occupée par l'adversaire, parcourir 70 km. d'une extrémité à l'autre de la ligne transversale suivie, dépassant de beaucoup de chaque côté l'emplacement présumé des deux ailes, et revenir au point de départ, sans dépasser les limites normales

Digitized by Google

de ses moyens (200 km. en cinq heures) et sans approcher trop de la limite extrême qui serait d'environ 300.

Pendant ce trajet, d'une hauteur de 1 000 m., il pourrait découvrir tout mouvement sérieux de troupe jusqu'à 4 km. à droite et à gauche, c'est-à-dire reconnaître effectivement une bande de terrain d'environ 8 km. de large,

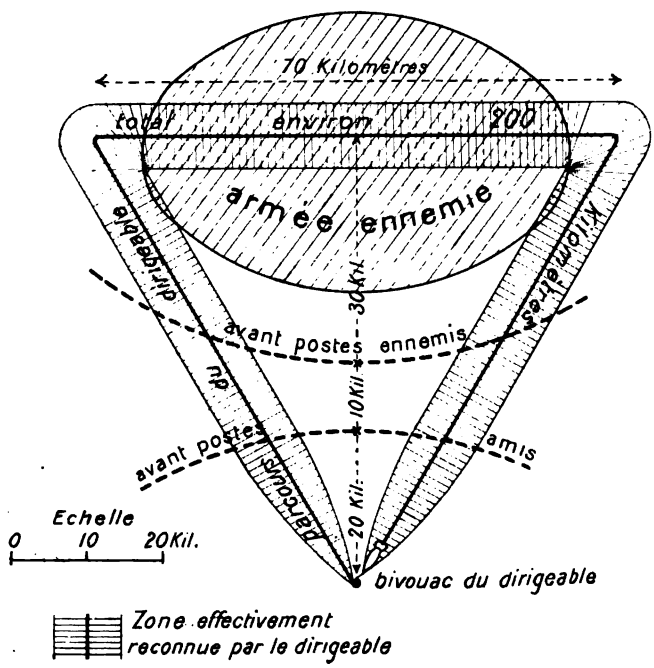


Fig. 129. — Exemple de reconnaissance que le *Lebaudy* pourrait effectuer en cinq heures.

ce qui lui donnerait de la situation générale et des mouvements de l'ennemi une notion amplement suffisante pour que le général en chef soit nettement fixé sur ce qui se prépare ou sur les difficultés à craindre pour l'exécution de ses plans.

Le vent n'aurait, sur l'exécution d'une semblable mis-

Digitized by Google

sion, qu'une influence très faible, car, si dans un sens il ralentit la marche, dans le sens opposé il l'accélère de la même quantité (1).

Pendant la bataille même le dirigeable sera au moins aussi précieux. Il pourra déterminer avec certitude jusqu'où s'étendent les ailes de l'adversaire.

A la bataille de Saint-Privat la manœuvre allemande était exécutée contre la droite française, que les reconnaissances avaient fait croire appuyée à Amanvillers. Ce n'est qu'à la fin de la journée que le grand état-major prussien sut que notre aile droite s'étendait bien au delà. Son erreur avait entrainé en un combat de front deux corps d'armée, qu'il destinait à l'action enveloppante. Si de Moltke avait eu un dirigeable, il ne se serait pas ainsi illusionné; il aurait étendu son mouvement et n'aurait pas risqué de voir échouer son plan, comme cela a failli se produire par suite de la résistance du maréchal Canrobert, et comme cela se serait produit sûrement si les réserves françaises n'avaient pas été maintenues inactives par une main criminelle.

Mais il semble que le service le plus capital que le dirigeable puisse rendre, sera dans la découverte de l'emplacement des réserves.

Jusqu'ici on arrivait plus ou moins bien à déterminer la ligne des contours, la valeur approximative des éléments de première ligne; mais on n'avait absolument aucun moyen de savoir ce qu'il y avait derrière.

Dans la bataille moderne, telle que Napoléon nous l'a révélée, telle qu'elle sera vraisemblablement toujours, on s'efforce, par une longue et pénible lutte de front, de

1. Ceci n'est tout à fait vrai que si le dirigeable marche à l'aller et au retour précisément contre le vent et dans sa direction; avec des vents obliques il est facile de se rendre compte qu'il gagnerait moins dans un sens qu'il ne perdrait dans l'autre. Le cas le plus défavorable est celui où l'aéronat a besoin de marcher exactement dans une direction perpendiculaire à celle du vent.

Digitized by Google

fixer la plus grande partie possible des troupes ennemies, d'user l'adversaire, c'est-à-dire de le forcer par d'incessantes menaces, par de continuelles attaques en force relative sur un point puis sur un autre, à engager peu à peu ses réserves, et par conséquent à se démunir du seul moyen d'action qui pourra faire pencher la balance au moment critique de l'attaque décisive.

Et cette attaque décisive, d'où dépend le sort de la bataille et le sort de l'État, il s'agit de ne la lancer qu'au bon moment et au bon endroit, c'est-à-dire lorsque l'ennemi n'a plus de quoi y répondre, ou tout au moins à un endroit où il n'aura pas la possibilité d'y répondre à temps, de façon que la désorganisation de son armée par le choc irrésistible qu'on produit, soit fait accompli avant qu'il ne puisse l'empêcher.

L'exécution et la réussite de cette manœuvre capitale dépendent en majeure partie de la connaissance de la valeur et de l'emplacement des réserves ennemies. Aussi voyons-nous pendant toute la bataille cette préoccupation des réserves dominer tout dans la pensée du commandant en chef.

Or, hier, il n'avait sur ce point que des indices plus ou moins trompeurs, demain il aura la certitude. Le dirigeable pourra reconnaître avec une exactitude quasi absolue la composition des grosses unités tenues en réserve, à l'abri des émotions de la lutte, en vue de la phase finale, et découvrir l'arrivée des colonnes de secours.

Que cette réserve soit mise en mouvement, soit pour parer à une manœuvre, soit pour exécuter elle-même le grand effort décisif, le dirigeable verra ce mouvement et le signalera sans retard.

Il aura pour cela deux moyens, sa propre vitesse, qui, en un quart d'heure, à l'allure du 40, l'amènera au pied du commandant en chef, ou bien les signaux à vue, sans parler de ceux de la sirène qui s'entendent de bien loin, mais qui, dans une bataille, seront probablement

Digitized by Google

masqués par le vacarme général des artilleries. Un jour viendra où la télégraphie sans fil, grâce à des appareils synthétisés, permettra des communications plus rapides et plus sûres à grande distance. Un jour peut-être aussi verrons-nous le vaisseau observateur continuer à tenir l'ennemi sous son regard ininterrompu, tandis que de plus petits, à rendement moindre mais filant plus vite, iront, véritables estafettes aériennes, transmettre les comptes rendus.

Ainsi, dans une armée qui seule posséderait un ou plusieurs dirigeables, en face d'un adversaire qui en serait dépourvu, ce qui serait le cas en 1907, et peut-être les années suivantes aussi, le généralissime se trouverait dans la situation d'un joueur qui voit toutes les cartes de son partenaire, tandis que celui-ci ne connaîtrait que son propre jeu. Informé de tout ce qui se passe d'important dans le camp opposé, il serait à même de répondre à tous les coups, et de préparer les siens en toute connaissance de cause.

Cet avantage serait tellement immense, tellement capital, qu'il est à souhaiter qu'on fasse sans compter tous les sacrifices nécessaires pour doter toutes nos armées et nos forteresses de ce merveilleux engin.

Les armées de campagne ne seront pas les seules à tirer profit des reconnaissances des dirigeables. Les places assiégées seront, elles aussi, bien aidées par eux, quoique pour elles il semble que le service de communication extérieure, dont nous avons parlé plus haut, soit le principal.

Le gouverneur de la place a, en effet, le plus grand besoin de connaître les dispositions du corps de siège, sa répartition, l'organisation du secteur d'attaque, l'emplacement des batteries de siège, la nature et l'avancement des travaux d'approche. Une excursion de l'aéronat, quelques clichés de téléphotographies suffiront pour le fixer nettement.

Digitized by Google

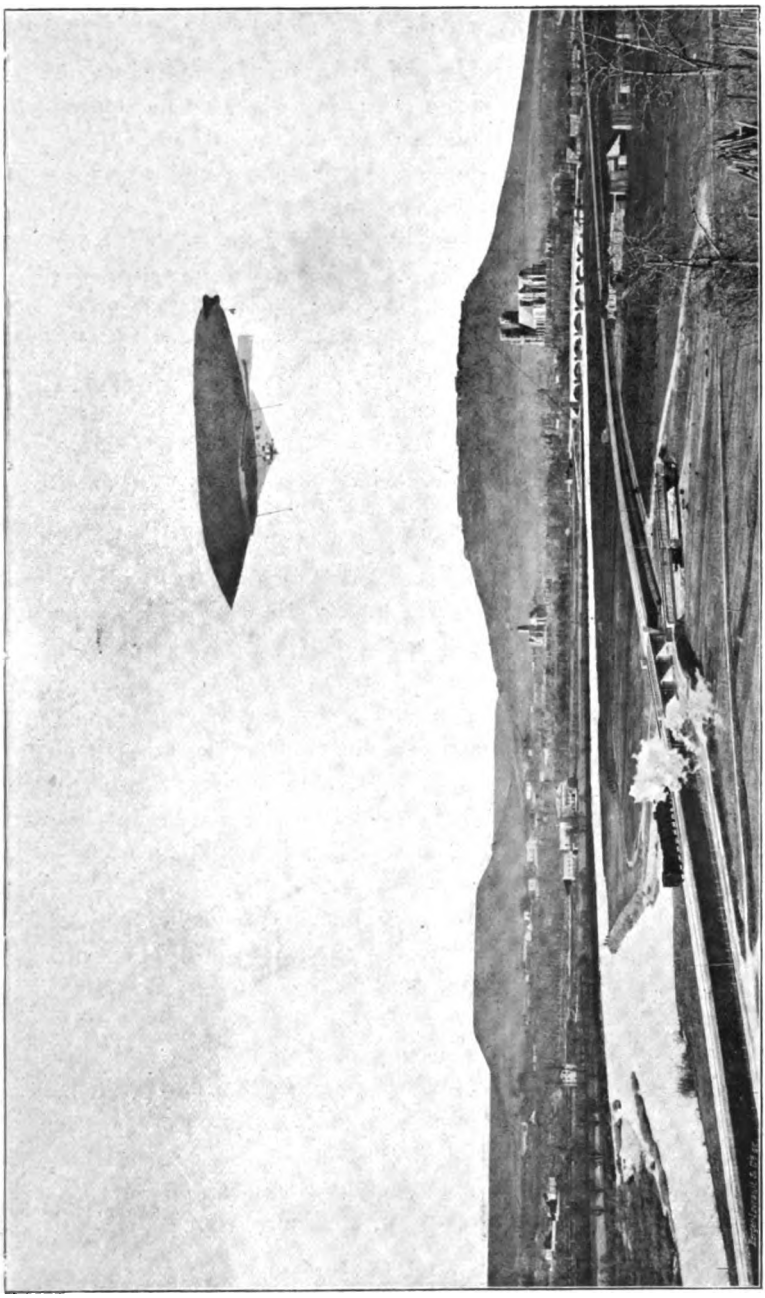


Fig. 130. — Le *Lebaudy* au-dessus de la place fortifiée de Toul.

Digitized by Google

On peut même se demander si, dans les moments où il n'aura rien de mieux à faire, le dirigeable ne pourra pas constituer un excellent poste d'observation de tir et permettre le réglage de quelque tir spécialement important, qui, sans lui, n'aurait pas pu s'exécuter.

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que semblable service ne peut être que bien médiocrement rendu par le ballon captif très vulnérable, nous l'avons déjà montré, s'il ne reste pas à 6 000 m. du canon ennemi, tandis que le dirigeable, de 1 000 m. au-dessus du terrain à reconnaître, voit parfaitement et voit tout. En outre, nous constaterons tout à l'heure qu'il pourrait même descendre bien plus bas sans risquer grand' chose, si besoin était.

Mais nous n'avons que trop parlé de place assiégée; tous ceux qui connaissent à fond notre armée et celle de nos adversaires éventuels, savent qu'il y aurait plus de probabilités pour que, si la guerre venait à éclater d'ici plusieurs années, nous ayions, au contraire, à mettre le siège devant quelque place ennemie. En ce cas, le dirigeable rendrait à un corps de siège des services très analogues à ceux que nous avons esquissés pour une place assiégée, en dévoilant les dispositions prises, l'emplacement précis des batteries défilées, en signalant les mouvements de la défense mobile, etc.

On peut croire aussi que, dans ce cas particulier, le pouvoir destructif de cet engin aurait une application spéciale, car les magasins de la place ont une importance considérable pour la défense, puisqu'ils ne peuvent pas être réapprovisionnés ni remplacés; et il est permis de croire qu'on pourrait leur faire du tort par un tir vertical.

On pourrait trouver une quantité infinie de cas où, dans cet ordre d'idées le dirigeable serait d'un précieux concours. Citons seulement celui de l'attaque de vive force d'un fort ou ouvrage, ou, d'ailleurs, d'une position quelconque.

Digitized by Google

Lorsque l'assaillant estime que l'artillerie a suffisamment désorganisé la position à enlever, et démoralisé son défenseur, il lance l'infanterie de la colonne d'attaque, c'est l'assaut. Mais, dès que cette infanterie est parvenue à 500 m. de la position, le concours intime des deux armes cesse brusquement; le canon ami ne peut plus, par crainte d'atteindre l'infanterie assaillante, tirer sur l'adversaire. Celui-ci a donc toute latitude pour sortir de ses abris, se précipiter au parapet, et ouvrir un feu d'enfer sur l'assaillant qui marche et ne tire pas, ou, s'il s'arrête pour tirer, risque de perdre tout son élan.

Ne peut-on pas penser qu'à ce moment suprême la présence de quelques dirigeables au-dessus de l'ouvrage, lâchant la plus grande quantité possible d'explosifs sur la tête des défenseurs, aurait une heureuse influence sur la réussite de l'attaque, en remplaçant par leur feu, au moins en partie, le feu de l'artillerie qui a dû se taire ?

Nous verrons donc peut-être un jour appliquer au nouvel auxiliaire le principe si justement en honneur aujourd'hui de la liaison des armes.

Conclusion. — En résumé, nous voyons qu'autour ou à l'intérieur d'une place, en rase campagne, avant comme pendant ou après la bataille, le dirigeable rendrait d'incalculables et incontestables services.

Toutefois, il ne faut pas se faire d'illusions exagérées : ces services garderont, en dépit de tous les perfectionnements possibles, un caractère aléatoire. Les dirigeables resteront inévitablement des instruments plus ou moins fragiles, à la merci d'un accident. Ils ne pourront, sans réparations importantes, telles que changement d'enveloppe, fonctionner fréquemment plus de quelques mois; enfin, ce qui est plus grave encore, ils seront souvent arrêtés par des conditions atmosphériques, en particulier le vent.

Nous avons vu que le *Lebaudy,* avec sa vitesse de

Digitized by Google

11 m., peut évoluer en tous sens à la rigueur 228 jours par an et la *Patrie,* 270; mais ce n'est là qu'un chiffre théorique. On ne peut pas songer, en pratique, à leur demander de lutter contre des vents inférieurs mais voisins de ces chiffres; la marche du *Lebaudy* serait, par exemple avec un vent contraire de 9 m., beaucoup trop lente, puisqu'elle serait réduite à 2 m., et en outre, avec la variabilité des vents, on risquerait que ceux-ci, en augmentant, ne viennent à dépasser la fameuse limite de 11 m., rendant impossible le retour dans les lignes amies, si la direction de ce vent porte vers l'ennemi. Un dirigeable comme celui dont nous nous occupons ne pourra donc, en pratique, être employé que lorsque le vent moyen ne dépassera pas 5 à 6 m., c'est-à-dire environ un jour sur trois(1).

D'autre part la pluie, nous l'avons vu, limitera son rayon d'action par l'alourdissement de 80 kg qu'elle produit.

Cette pluie et le brouillard rendront les reconnaissances du croiseur aérien plus difficiles et plus dangereuses en diminuant considérablement son champ de vue et en l'obligeant, par conséquent, à se rapprocher des objectifs à inspecter.

Il ne faut toutefois pas s'exagérer les inconvénients du brouillard; des temps qui paraissent très nébuleux pour des gens qui sont à la surface du sol et dont les rayons visuels ont une direction à peu près horizontale, le sont très peu pour le ballon qui regarde de haut en bas, traversant cette couche, généralement très mince, dans le sens de cette faible épaisseur. Le ballon se trouve alors caché à presque tous les regards, tout en voyant ce qu'il a au-dessous de lui.

Quoi qu'il en soit, il est évident qu'il ne faudra jamais

1. Il faut cependant remarquer que, lorsque la direction du vent tendra à ramener vers les lignes amies, on ne risquera rien à faire tous les efforts possibles pour marcher vers cet ennemi, certain que l'on sera de pouvoir toujours rentrer.

Digitized by Google

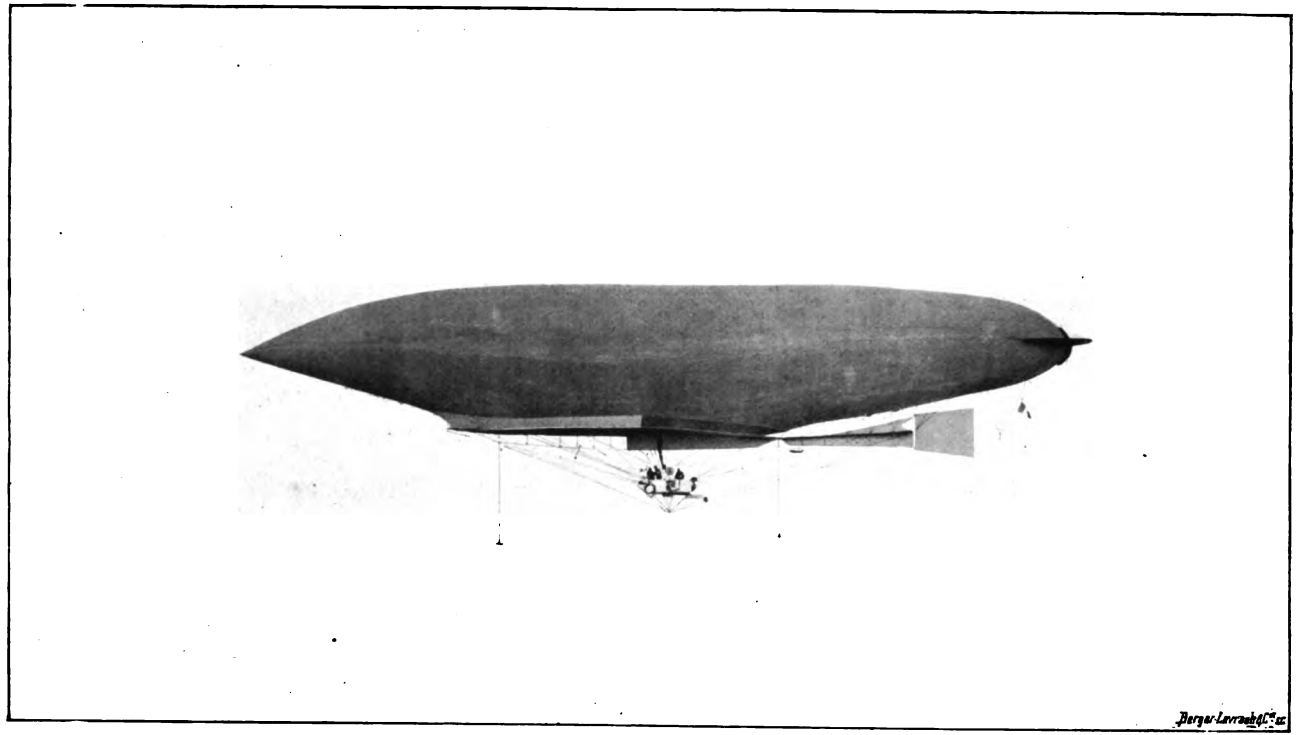


Fig. 131. — Le *Lebaudy* en reconnaissance.

Digitized by Google

compter d'avance d'une façon absolue sur les services des dirigeables, trop souvent à la merci des caprices d'Éole.

Il s'ensuit naturellement que ce merveilleux moyen d'information ne devra jamais remplacer les procédés de reconnaissance ou de communication actuellement employés, mais se superposer à eux. Quand le dirigeable ne pourra pas marcher, il faudra qu'on puisse s'en passer; par contre, quand les circonstances permettront de s'en servir, il pourra avoir sur la réussite des opérations une influence capitale.

Mais, pour arriver à ce résultat, il faut avoir des dirigeables et en avoir suffisamment. Il est à souhaiter que, profitant dans la plus large mesure de la grande invention dont nous bénéficions si heureusement seuls en ce moment, nous dotions toutes nos places exposées et toutes nos armées de campagne de ce précieux engin. Dans quelle proportion nous en faudra-t-il?

Nous en avons déjà deux. Nous ne comptons pas les aéronats de beaucoup moindres rendements et de sûreté imparfaite que l'on pourrait utiliser à la rigueur dans certains cas, comme le *Santos-Dumont* n° 9, le *de La Vaulx* ou autres nouveaux modèles en essai actuellement.

Certains voudraient que nous nous contentions de ces deux dirigeables.

D'autres réclament une cinquantaine de dirigeables.

Il semble que le desiderandum raisonnable soit entre les deux.

Les places très exposées aux premières heures d'une campagne ont seules besoin de ces engins, puisqu'ils sont facilement déplaçables en dépit de l'ennemi, et il est bien certain que jamais on ne verra plus d'un ou, à la rigueur, deux grands sièges à la fois.

De quoi a besoin une place assiégée? D'abord un dirigeable à grand rayon d'action pour la communication

Digitized by Google

avec l'extérieur, puis un aéronat à puissance beaucoup moindre pour les reconnaissances, chacun de ces deux modèles pouvant à la rigueur remplacer l'autre en cas d'accident. En l'état actuel des choses, un modèle de 3 000 à 4 000 m³, et un de 1 500 à 2 000 sembleraient répondre aux conditions que nous venons d'indiquer.

Il suffirait que deux ou trois de nos grandes places de l'Est en fussent dotées en tout temps, avec une réserve n'importe où, soit en tout six ou huit unités, qui, bien entendu, changeraient d'affectation dès que nos armées pénétreraient sur territoire ennemi.

Quant aux armées, nous avons vu plus haut, en prenant pour base le rendement du *Lebaudy*, que cet aéronat pourra en une matinée reconnaître complètement une armée de quatre corps environ. Lui demander plus dans le même temps serait livrer au hasard ses renseignements ou consentir à ce qu'ils soient incomplets.

Il faut donc un dirigeable *par armée*. Comme en outre cet instrument n'est assuré ni contre les accidents divers, ni, malgré toutes précautions possibles, contre le tir de l'adversaire, la plus élémentaire prudence exige qu'on l'emploie toujours par deux.

Si nous supposons, comme organisation générale, la répartition de nos forces en un groupe principal de trois armées et deux armées d'ailes, il faudrait donc, d'après cette dotation, dix unités, plus deux à la disposition spéciale du généralissime, total douze.

Ceci sans parler des ports et des escadres dont nous dirons un mot tout à l'heure, ni de la région des Alpes où leur emploi ne paraît devoir être possible que dans un certain temps, quand une notable augmentation du rendement permettra l'élévation à de très grandes hauteurs.

Bien entendu les chiffres à atteindre que nous donnons là ne visent que le cas où nous nous trouverions en face d'un adversaire sans dirigeables.

Le jour où lui aussi en possèdera il n'y aura plus de

Digitized by Google

limite, chacun ayant intérêt à en avoir plus que l'adversaire. Les conditions budgétaires seules entreraient en ligne de compte.

Emploi dans la guerre navale. — Le dirigeable ne sera pas seulement utile aux armées et aux places fortes, il sera également précieux pour les ports de guerre et les escadres, auxquels il rendra des services de nature analogue.

Sur mer comme sur terre, la nécessité de savoir est une des plus impérieuses. Or la vue sur mer ne s'étend qu'à des distances très limitées. Ce n'est pas, comme sur le continent, l'impureté de l'atmosphère qui limite la visibilité, mais la rotondité de la sphère terrestre. Du haut d'un mât on n'aperçoit pas au delà de 16 km., alors que d'un observatoire plus élevé la pureté de l'atmosphère permettrait de voir beaucoup plus loin. Le ballon captif offre bien un moyen d'obtenir cette hauteur d'observatoire, mais les difficultés de son emploi, le peu de services qu'il pourrait rendre, font hésiter à s'en embarrasser. Si nous ne nous trompons, l'Allemagne seule a prévu et préparé son utilisation[1].

Combien au contraire sera féconde la reconnaissance du dirigeable ! Filant à une allure supérieure à celle du plus rapide des torpilleurs, il gagnera en très peu de temps les directions dangereuses à une hauteur où son champ d'investigation sera aussi étendu que le permettent les circonstances atmosphériques du moment. Puis quand au loin il aura découvert une flotte, il s'en approchera, ira reconnaître tous les bâtiments qui la composent et rentrera rendre compte. La flotte russe de Rodjestvenski, si elle avait eu un dirigeable à sa disposition, ne serait pas tombée dans le guet-apens de Tsoushima.

---

1. Nous avons eu pendant un certain temps à Lagoubran, auprès de Toulon, un parc à ballons de marine qui a été supprimé.

Digitized by Google

Pendant le combat naval il pourra, lui aussi, dans certains cas particuliers, lancer des projectiles sur les navires ennemis en ayant soin de s'attaquer seulement à ceux dont le pont ne comporte pas de protection, par exemple à certains croiseurs, aux torpilleurs, etc.

Mais il est surtout un cas où son emploi présenterait un intérêt tout à fait particulier, celui de l'exploration des profondeurs de la mer et de la recherche des sous-marins.

Il est un phénomène assez curieux que connaissent bien tous les aéronautes qui ont eu l'occasion de naviguer au-dessus des eaux. A partir de quelques centaines de mètres de hauteur, l'œil perçoit le fond de la mer avec une netteté inimaginable, quelle que soit la furie des vagues qui agitent sa surface. Il est d'ailleurs assez facile de se rendre compte de ce phénomène par une expérience très simple : il suffit de monter sur une échelle au-dessus d'un bassin dont la surface est agitée, on distingue admirablement tout ce qui se trouve au fond, alors que du bord on ne voit rien tant que la surface n'est pas absolument lisse.

Le sous-marin qui, dans les guerres navales de l'avenir, jouera probablement un si grand rôle, pourra donc être facilement découvert et signalé par un dirigeable. On trouvera peut-être même un moyen pratique de permettre à ce dernier de l'attaquer, car si le sous-marin ne présente pas de grandes dimensions, il a, par contre, une vitesse faible et une extrême vulnérabilité. Toute sa force réside dans son invisibilité : l'automobile aérienne, en la faisant disparaître, diminuera considérablement sa puissance d'action.

La question d'installation au milieu d'une flotte d'un engin aussi volumineux qu'un ballon dirigeable, semble devoir soulever quelque difficulté. Elles ne sont toutefois pas insolubles. On pourrait en effet organiser un vieux bâtiment en bateau-hangar. La forme spéciale du *Lebaudy,* large seulement de 10 m., long de 58 et haut de

Digitized by Google

17, avec une partie inférieure peu large, correspond très bien à celle de la capacité intérieure d'un bateau. Le dirigeable pourrait donc y trouver place tout monté entre la dunette et la quille.

Reste à savoir si les officiers de marine trouveront que les services qu'on peut attendre de cet engin sont suffisants pour lui sacrifier un bâtiment spécial et tout ce qui s'ensuit en équipage, charbon, etc.

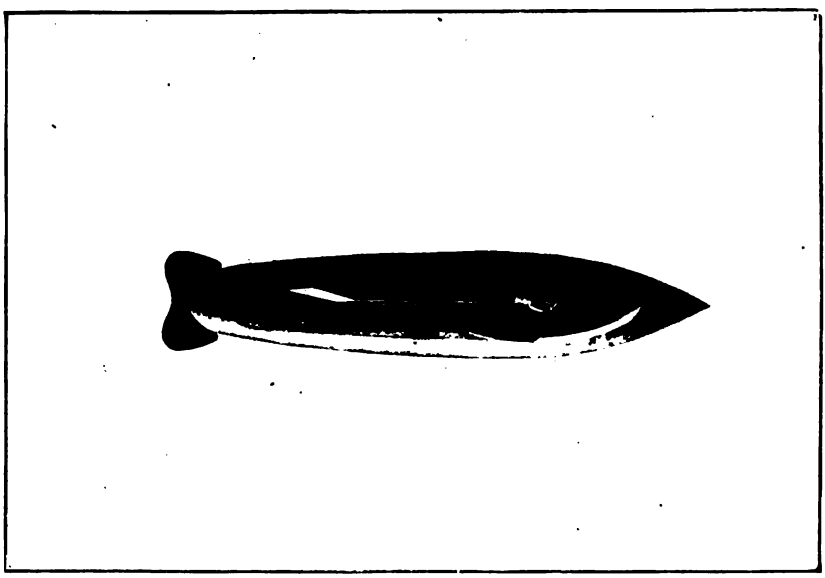


Fig. 132. — Au zénith.

En tous cas il est certain que les dirigeables affectés à un port de guerre où ils auront leur point d'attache, pourront rendre à la défense mobile des services très importants.

Ainsi nous verrons peut-être dans l'avenir se livrer des triples combats à la surface des eaux, dans les profondeurs des mers et dans les hauteurs de l'atmosphère.

Digitized by Google

CHAPITRE XI

VULNÉRABILITÉ DU DIRIGEABLE

Le dirigeable, avec sa spacieuse poche de gaz, semble évidemment être un outil fragile et vulnérable. Il y a un intérêt capital, avant de l'employer, à savoir au juste ce qu'il a à craindre et les limites dans lesquelles il pourra compter échapper aux dangers qui le menacent, car il est clair que son emploi sur une assez grande échelle n'est logique que s'il a des chances suffisantes de ne pas être détruit trop facilement.

Les dangers qu'il peut courir proviennent de trois sortes d'engin : les dirigeables ennemis, la mousqueterie et l'artillerie.

Quand l'ennemi possédera des dirigeables analogues aux nôtres, — et il ne faut pas se dissimuler que cela arrivera tôt ou tard — il est clair que la grande facilité de crever un ballon par un projectile ou un couteau, dès qu'on a pu arriver à se poster au-dessus de lui, rendra le dirigeable ennemi extrêmement dangereux. Chacun cherchera à atteindre son adversaire en montant plus haut et en passant au-dessus, et cela donnera lieu à des manœuvres tactiques fort intéressantes, qui rappelleront quelque peu celles de nos vaisseaux de guerre lorsqu'ils s'efforcent de maintenir leur flanc, lequel procure le maximum de puissance de tir, du côté de l'ennemi à battre. Dans cette lutte, tout comme sur mer, la vitesse jouera un grand rôle, car la supériorité de vitesse seule permettra de poursuivre et d'atteindre un adversaire, elle seule permettra d'échapper, lorsqu'on le jugera à propos. La mobilité, c'est-à-dire la facilité et la rapidité d'évolution,

Digitized by Google

d'ascension, etc., joueront également un rôle important. C'est donc dans ces deux sens que devront être poussés les efforts de perfectionnement. Il est évident aussi que, à vitesse et mobilité égales, le dirigeable qui posséderait le plus grand rayon d'action, c'est-à-dire le plus de lest, gaz disponible et essence, aurait le plus de chances de succès, puisqu'il pourrait prolonger la lutte le plus longtemps.

Mais laissons cette lutte aérienne et voyons ce que, aujourd'hui, le *Lebaudy* ou la *Patrie* auraient à redouter des engins existants.

Le fusil, contrairement à ce que l'on pourrait croire au premier abord, n'est pas en état de faire grand mal à ces aéronats.

D'abord le fantassin atteindra-t-il facilement le ballon ? C'est assez douteux ; il y a à cela une raison technique : l'hypothèse de la rigidité de la trajectoire, admise pour l'établissement et l'emploi de la hausse, n'est plus du tout exacte quand on fait un tir en l'air. Alors quelle hausse employer ? Certainement pas celle de la distance supposée. — La hausse zéro ou inférieure de l'arme ? Ce sera bien lorsqu'on tirera sur un ballon qui sera juste au zénith, genre de tir fort difficile matériellement — les chasseurs amateurs du « coup du roi » le savent — et qui avec les armes de guerre risquera fort de briser la clavicule du tireur.

Alors, tir oblique avec hausse faible ? On ne pourra choisir cette hausse que tout à fait au hasard, à moins qu'on n'organise sur les fusils des systèmes de hausse savants avec instruments d'évaluation d'angles flanqués de tables de tir riches en données de toutes sortes. Ce n'est pas possible pour des armes portatives.

D'où nous concluons que le fantassin atteindra très difficilement le dirigeable, malgré ses assez grandes dimensions.

Quand il l'atteindra, il ne lui fera, pour ainsi dire, au-

Digitized by Google

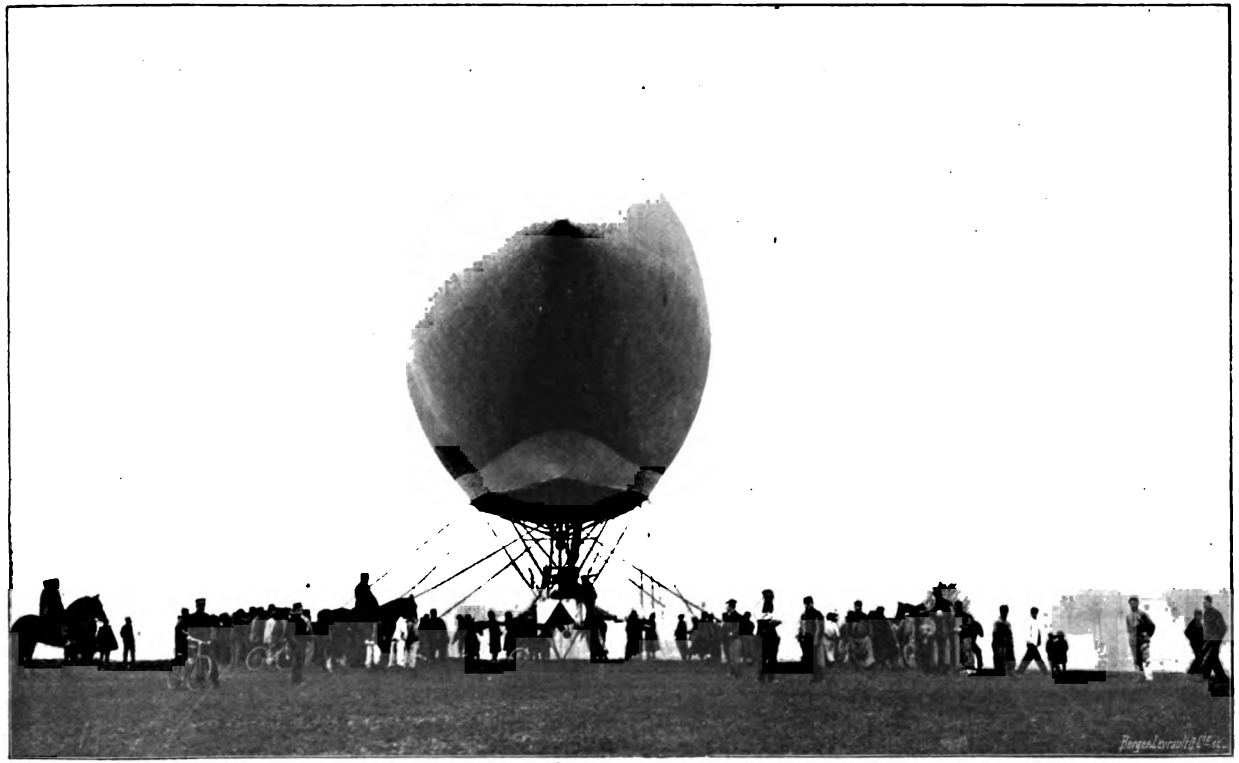


Fig. 133. — Le *Lebaudy* vu de l'avant.

Digitized by Google

cun mal : le raisonnement et l'expérience le prouvent nettement.

La balle du fusil de guerre actuel est très petite dans toutes les armées, les plus grosses ne dépassent pas 8 mm. de diamètre. Mais ce serait une grave erreur de croire qu'elles agissent à la façon d'un emporte-pièce qui laisse un trou de ce diamètre. Dans certaines enveloppes de ballon leur passage détermine, par suite de l'élasticité du tissu, comme cela se produit pour la chair humaine, un trou beaucoup plus petit que leur section ; dans des tissus analogues à celui du *Lebaudy* elles ne font aucun trou, elles produisent seulement une petite déchirure rectiligne de 10 mm. de long, qui se referme entièrement derrière elles, par suite de la tension générale de l'enveloppe.

Néanmoins il s'échappe un peu de gaz par cette petite ouverture. Combien ? Des expériences précises faites sur des ballons captifs, en France et à l'étranger, en particulier en Autriche où l'on s'est spécialement préoccupé de la question, il ressort que le gaz ne s'échappe pas du tout par le trou inférieur, et que, l'ouverture supérieure, si elle est à peu près au sommet de la calotte, donne passage à un litre de gaz par seconde, soit 3 m^3 et demi par heure, ce qui correspond à une diminution de force ascensionnelle continue, mais très lente, qui au bout d'une heure atteint 3 kg.

C'est évidemment très peu de chose !

Mais il s'agit là de ballons captifs. Que doit-on en déduire pour ceux des dirigeables? On n'a pas encore exécuté de tirs contre des dirigeables. Il faut donc se contenter de raisonnement et de déductions ; la comparaison avec les ballons captifs suffit amplement, étant donné que l'on n'a pas besoin en l'espèce d'une approximation très précise. Or, dans le ballon du *Lebaudy,* la pression intérieure du gaz est très légèrement supérieure à ce qu'elle est dans un ballon captif non plein (20 mm.

Digitized by Google

d'eau, c'est-à-dire 1/500 de la pression atmosphérique). En outre les trous faits à la partie inférieure (sauf ceux faits dans le ballonnet) laisseraient échapper du gaz dans des conditions analogues à cause de cette légère surpression. Mais, d'autre part, ceux qui auraient été faits soit sur l'enveloppe intérieure, soit sur la paroi extérieure (plate-forme) du ballonnet ne donneraient lieu à aucune perte, puisque la pression de l'air du ballonnet est naturellement égale à celle du gaz. De tout cela nous déduisons que l'échappement du gaz dû au passage d'une balle de 8 mm. au travers du ballon amènerait un perte de force ascensionnelle de 4 à 5 kg au bout d'une heure. On voit qu'à ce compte il en faudrait un certain nombre pour empêcher le dirigeable d'achever une mission, et à plus forte raison pour créer pour lui un danger de tomber dans les lignes ennemies.

Ajoutons que la réparation de ces petites déchirures, une fois le dirigeable à terre, est des plus faciles au moyen de rondelles d'étoffes caoutchoutées collantes, sans que l'on ait besoin de dégonfler.

Des expériences ont été faites, à Moisson et à Toul, avec des coups de revolver tirés sur un petit ballon captif en même étoffe que le dirigeable et gonflé à forte pression. Elles confirment absolument les données précédentes et montrent en outre que, même avec de grandes pressions et de nombreux trous, il ne se produit pas de déchirement.

Ce qui pourrait en somme arriver de plus fâcheux, ce serait qu'une balle malencontreuse vînt toucher le moteur dans une partie vitale ou atteindre l'un des aéronautes. Mais ce seraient là des résultats tellement aléatoires qu'ils ne sont guère à redouter ; d'ailleurs on peut les empêcher presque totalement en mettant au-dessous de la nacelle une plaque d'acier à l'épreuve de la balle [1],

1. C'est précisément ce qui a été fait sur la *Patrie*.

Digitized by Google

plaque qui n'alourdirait en rien le dirigeable, si on la faisait démontable, de façon qu'en cas de besoin elle puisse servir de lest ; son poids serait ainsi compté dans le total de lest disponible.

On peut donc conclure que les feux de mousqueterie ne sont guère à craindre pour le dirigeable.

En est-il autrement de l'artillerie ?

Examinons successivement le tir de l'artillerie de campagne et de l'artillerie lourde. Pour la première il semble qu'il y ait lieu de considérer quatre cas différents : celui d'un obus traversant le ballon, celui d'un éclatement un peu en avant du ballon, celui d'un projectile éclatant à l'intérieur, et celui d'un obus explosif.

Il est de toute évidence qu'un obus percutant n'éclatera nullement par suite de sa rencontre avec des obstacles aussi peu résistants que l'enveloppe d'un ballon, il y fera seulement, comme les balles, des déchirures, plus considérables, il est vrai, mais qui se refermeront de même. Il déterminera ainsi une fuite de gaz relativement peu importante, qui obligera peut-être le dirigeable à abandonner provisoirement sa mission et à rentrer dans les lignes amies pour atterrir et réparer (il n'aura même pas besoin d'aller jusqu'à son parc s'il peut trouver de l'hydrogène plus près).

Un obus-shrapnel qui éclatera à très peu de distance en avant (tir fusant parfaitement réglé), enverra dans l'enveloppe un certain nombre de balles d'un diamètre assez fort, qui détermineront un certain nombre d'ouvertures analogues mais un peu plus grandes que celles des balles d'infanterie. Le résultat se rapprocherait, vraisemblablement, de celui du cas précédent; il faudrait que l'éclatement se produisît à quelques mètres seulement du ballon pour que le rapprochement des petites ouvertures ou l'effort simultané des balles amenât un déchirement fatal.

On a parlé, dans certains articles, des déchirures que

Digitized by Google

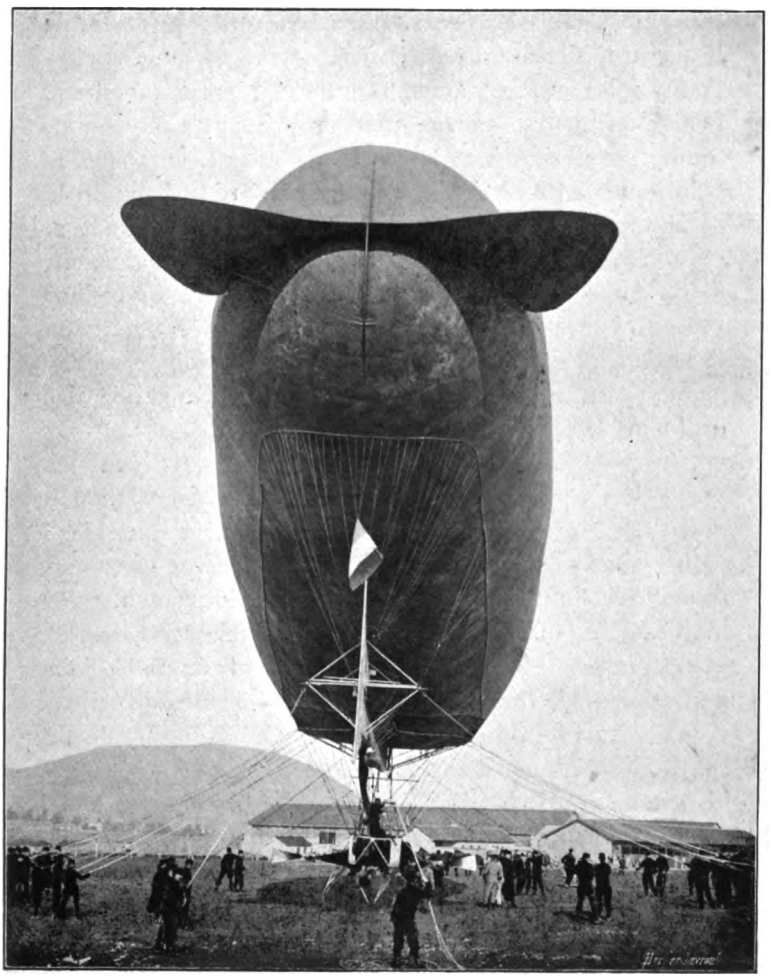


Fig. 134. — Le *Lebaudy* vu de l'arrière.

Digitized by Google

produiraient les éclats d'obus aux formes irrégulières. Les auteurs de ces articles retardent de trente ans. L'obus français Robin et l'obus allemand qui lui ressemble beaucoup, n'éclatent pas, à proprement parler, ils s'ouvrent, agissant à ce moment comme de petits mortiers ; l'ogive ayant une forme peu propre au mouvement, tombe assez vite, la partie principale de la carapace, le culot, par suite de l'effet de recul que produit sur lui la déflagration de la charge intérieure, reste sur place et tombe, presque sur la verticale du point d'éclatement, tandis que les balles de shrapnel contenues à l'intérieur sont projetées en avant avec une force très grande en cône, comme l'eau d'une pomme d'arrosoir. Il n'y a aucun éclat, avec les shrapnels, qui sont les projectiles ordinaires de l'artillerie moderne.

Il y a bien une autre sorte de projectiles, ce sont les projectiles à explosifs, qui, eux, se pulvérisent en une quantité de fragments coupants mais généralement très petits. Mais on ne tire que rarement avec ces sortes de projectiles, dont on n'a que des approvisionnements très limités, parce que leurs cas d'emploi sont assez rares, et que, pour produire de l'effet en tir fusant, ils ont besoin d'un réglage de fusée extrêmement précis très difficile à obtenir. Il ne semble pas qu'on ait intérêt à les employer contre des ballons. Ils ne produiraient d'ailleurs probablement pas plus d'effet, à moins d'éclater assez près pour que le « souffle » de la mélinite (brusque extension des gaz très volumineux dégagés par l'explosion) écrase et crève le ballon.

Ce que l'ennemi pourrait avoir à désirer le plus, ce serait certainement d'arriver à obtenir l'éclatement d'un projectile (shrapnel ou explosif) juste à l'intérieur du ballon ou immédiatement avant ; il n'y aurait, en ce cas, pas de doute sur le résultat.

Mais pour tout cela il faut l'atteindre... et c'est là que la question se complique.

Digitized by Google

On n'a naturellement jusqu'ici pu faire aucune expérience de tir sur des dirigeables, et pour cause; ces instruments, même les plus imparfaits, sont trop rares, et d'un prix trop élevé pour qu'on veuille en sacrifier un pour une expérience; en outre, qui dit dirigeable suppose quelqu'un pour le diriger et l'on ne voit pas très bien un aéronaute s'offrir à une mort certaine pour cet exercice de tir, qui ne serait instructif que si on le répète jusqu'à ce qu'on démolisse le ballon (1).

On en est donc, quant au plus ou moins de facilité d'atteindre un dirigeable, réduit à des conjectures, dont on peut seulement diminuer l'incertitude, dans une certaine mesure, en raisonnant sur les tirs exécutés sur des ballons captifs.

Il a été exécuté en 1905, en Autriche, une douzaine de tirs sur des ballons captifs. D'après certains articles de journaux ou revues autrichiennes et en particulier ceux du capitaine d'artillerie de forteresse Knobloch, dix ballons sur douze auraient été abattus. Deux seulement auraient échappé à la destruction et le capitaine Knobloch attribue ce fait au vent très violent qui régnait ces jours-là et à l'inexpérience des officiers chargés d'exécuter le tir. Les ballons atteints l'ont été, prétend-il, en une dizaine de minutes et au prix d'une quarantaine de projectiles. Mais nous ignorons les conditions de ces tirs : distance, hauteur, mobilité de ces ballons, degré d'incertitude sur la distance, etc. Ces chiffres ne nous donnent donc pas d'indications précises.

Des expériences analogues ont été faites, également, en France, à Poitiers et au camp de Châlons. Elles ont démontré qu'au delà de 6 000 m. le tir sur ballon captif,

1. On exécute bien, cependant, des tirs de mer contre de vieux bâtiments hors d'usage. Il n'y a rien d'impossible à sacrifier un dirigeable réformé, à le munir d'un système de marche et d'évolutions automatique et à tirer dessus, dans un grand espace libre comme le camp de Châlons, ou sur mer. Enfin cela n'a pas encore été fait.

Digitized by Google

même avec pièces à grande portée, donne peu de résultats; qu'à 4 000 ou 5 000 m. le ballon n'est facilement atteint que s'il est complètement immobile, ce qui n'est qu'un cas exceptionnel et que l'on peut parfaitement éviter. Encore faut-il une vingtaine de minutes en moyenne pour l'abattre.

A Port-Arthur les Russes se sont assez souvent servis de ballons captifs, jamais les Japonais n'en ont abattu un seul. A la bataille de Liao-Yang et en plusieurs autres occasions, un ballon de chacun des partis est resté en l'air plusieurs heures de suite; on les a criblés de projectiles sans pouvoir une seule fois les descendre. Ce sont là des faits.

Il est évident que le tir sur dirigeables diffère totalement du tir sur ballon captif immobile, ou même en mouvement, car le dirigeable peut, à tout moment, modifier aussi bien sa direction et sa vitesse, que son altitude. Il jouit d'une mobilité extrêmement grande, qui lui permettra d'échapper très vite aux coups de l'artillerie.

Dans le tir sur un dirigeable, outre l'absence de tout point de repère, l'artilleur manque d'éléments d'appréciation des distances. Le ballon sphérique de l'aérostation militaire a un diamètre bien connu qui offre un moyen approximatif d'évaluation. Le *Lebaudy,* lui, présente cette particularité fort remarquable, qui a frappé tous ceux qui l'ont vu évoluer, de changer complètement d'aspect suivant l'angle sous lequel on le regarde. Plusieurs photographies prises de directions différentes semblent représenter des aéronats différents. Cela ajoutera une difficulté de plus à celles de sa mobilité.

Enfin la faculté que le *Lebaudy* a prouvée, de s'élever à plus de 1 000 m. au-dessus du terrain, le mettra hors d'atteinte dans bien des cas.

Quels sont les genres de pièces qui paraissent le mieux aptes à exécuter des tirs contre dirigeables, les pièces de campagne à tir rapide ou l'artillerie lourde?

Digitized by Google

Voyons, pour cela, ce que peut faire le canon de campagne. N'ayant pas de données suffisantes sur la nouvelle pièce allemande, nous prendrons pour bases de calcul celles qui ne sont pas confidentielles du canon français de 75 (1).

On admet qu'en pratique le canon de 75 n'est propre au tir contre ballons que jusqu'à 5 000 m. et pour les hauteurs inférieures à 400 mètres.

Toutefois, le 75 peut, à la rigueur et dans des conditions particulières, tirer plus haut.

Quand la bêche de crosse est enfoncée en terre, en donnant au canon le plus grand angle pratiquement possible, on arrive à environ 20 degrés d'inclinaison, ce qui procure une flèche de 950 mètres. Mais il faut bien remarquer que le canon, incrusté dans le sol à partir de son premier coup, ne conserve la faculté de suivre un objectif qui se déplace latéralement, que dans des limites très étroites, nous le verrons tout à l'heure.

On peut même dépasser cet angle à condition d'enterrer la crosse, on peut ainsi arriver à obtenir la trajectoire de portée maximum, dont la flèche est d'environ 1 700 m. Mais, dans ce cas, la mobilité et la rapidité sont absolument neutralisées; en outre, le matériel, agissant dans des conditions pour lesquelles il n'est pas établi, pourrait subir des avaries; il y aurait même risque que le canon ne se câbrât et se renversât.

Remarquons de plus que la flèche, pour chaque portée, se trouve à une distance invariable de la bouche du canon, 5 000 m. dans le premier cas, 6 000 m. dans le deuxième. En deçà et au delà, le canon est dans l'impossibilité absolue d'atteindre à ces hauteurs maxima, ce

1. On sait toutefois que la rapidité de tir de la pièce 1896 transformée est sensiblement moins grande que celle du canon français, et nous avons des raisons de croire que l'angle sous lequel il peut tirer est inférieur au nôtre; le canon de campagne à tir rapide allemand répondrait donc encore plus mal que le nôtre aux conditions de tir contre un dirigeable.

Digitized by Google

qui veut dire, par exemple, que le canon ne pourra tirer à tir rapide contre un ballon qui vogue à 950 m. de hauteur que lorsque ce ballon se tiendra à 5 000 m. de lui; dès que celui-ci se sera rapproché ou éloigné ou élevé, on ne pourra plus rien contre lui. Et il est évident que les aéronautes ne seront pas assez naïfs pour rester au-dessous quand ils ont toute facilité pour s'élever. Ils n'auront, sauf le cas de brouillard, aucun besoin de le faire, puisque nous avons déjà dit que de 1 000 m. on voit parfaitement tout ce que l'on a à voir, et que le tir vertical, même, conserve toutes les qualités voulues.

Nous laissons de côté le cas où la crosse est ce que l'on appelle enterrée, puisqu'il met le canon dans des conditions par trop défectueuses. D'ailleurs la trajectoire aussi inclinée n'obéissant pas du tout aux mêmes lois que les trajectoires ordinaires, les organes ordinaires de pointage de la pièce ne pourraient plus servir.

Examinons donc d'un peu plus près le seul cas intéressant et probable, celui où le dirigeable, voguant à moins de 950 m. de hauteur, apparaîtrait, précisément à 5 000 m., devant une batterie à tir rapide de quatre pièces.

Admettons, pour mettre tous les atouts contre le ballon, que le capitaine soit aux aguets, averti, qu'il dispose de moyens pratiques et rapides (encore inconnus) d'apprécier les distances, bref qu'il ouvre le feu juste au moment voulu sans aucune hésitation ni perte de temps.

Il commence par tirer une salve, quatre coups, avec l'angle de tir qu'il espère devoir convenir. Ce serait un hasard inouï que l'on tombât juste du premier coup !

A partir de ce moment, pendant combien de temps la batterie va-t-elle pouvoir tirer ? Le calcul est très simple : nos pièces à tir rapide sont dotées d'un mouvement de glissement sur l'essieu qui leur permet, la bêche de crosse étant fichée en terre, de déplacer leur tir vers la droite ou vers la gauche d'un angle dont la tangente est environ 1/20 (52 millièmes, suivant le langage des artilleurs).

Digitized by Google

Cela correspond, à 5 km., à un déplacement latéral de l'objectif de 250 m.

On peut bien admettre que le dirigeable, dès qu'il verra quatre projectiles éclater à proximité, s'efforcera d'échapper par un déplacement latéral, en même temps, peut-être, que par une rapide modification de sa hauteur. Or le *Lebaudy* fait 11 m. à la seconde, la *Patrie* encore plus. On voit donc qu'en moins d'une demi-minute (22 secondes), le dirigeable sera sorti du secteur dangereux.

Or pendant ce temps la batterie n'aura pu tirer que vingt à vingt-quatre projectiles, et elle aura dû les lancer au hasard, sans aucun réglage, sans aucune rectification possible.

Si l'artilleur veut s'amuser à régler, comme cela se fait pour les objectifs ordinaires, c'est-à-dire à chercher à se rendre compte de l'emplacement relatif des points d'éclatement par rapport au but, puis à modifier la direction et l'angle de tir en tenant compte des observations successives, le ballon sera sorti de son champ d'action avant sa deuxième salve.

Peut-on espérer, dans ces conditions, avoir quelque chance d'atteindre un pareil objectif? Les règles de la probabilité, en tous cas, ne le permettent pas.

Et nous avons admis le cas le plus favorable au canon, celui où le dirigeable sera précisément à la distance où la trajectoire peut être assez élevée pour l'atteindre, et nous avons supposé que ce dirigeable est assez imprudent pour ne pas s'élever à temps au-dessus de cette hauteur de 950 m. que le canon ne peut pas pratiquement dépasser!

On peut donc conclure nettement que le canon de campagne actuel est impropre au tir contre les dirigeables!

Les canons lourds, dans la catégorie desquels nous pouvons englober l'obusier de $10^{cm},5$ des Allemands, ca-

Digitized by Google

pables de tirer sous de grands angles, sont-ils plus susceptibles de combattre le vaisseau aérien ?

Évidemment ces pièces peuvent atteindre à toutes les hauteurs où se trouvera le dirigeable ; mais, ce qui leur manque absolument, c'est la mobilité et la rapidité de tir. Elles ne sont, pour la plupart, pas douées de mouvements latéraux comme le canon à tir rapide (1). Après chaque coup, pour suivre le dirigeable essentiellement mobile, il faudra déplacer la pièce, ce qui est long et pénible, et le coup suivant devra être tiré par conséquent autant au hasard que le précédent, sans pouvoir tenir compte, même approximativement, des résultats que l'observation du point d'éclatement aura donnés, si tant est qu'il en donne jamais. Ces sortes de pièces sont absolument impropres au tir contre tout but mobile, et à plus forte raison contre les ballons dirigeables.

Il y a lieu de remarquer, d'ailleurs, qu'il y a toute une partie de l'atmosphère où le dirigeable sera presque complètement en sûreté. C'est précisément celle où lui-même sera le plus à redouter.

Quand, après avoir passé à de grandes hauteurs au-dessus de la zone dangereuse qui s'étend à 3, 4 et 5 km. en avant de la ligne des canons ennemis, il arrivera au-dessus de la région occupée par cet ennemi, il n'aura pour ainsi dire plus rien à craindre, car, si dans cette situation on voulait tirer sur lui, on ne l'atteindrait très probablement pas, mais le tireur risquerait fort que ses projectiles ne retombent sur les troupes amies. Si un canon à tir complètement vertical cherchait à atteindre le ballon lorsqu'il se trouve juste au-dessus, le projectile retomberait sur ceux qui l'auraient lancé.

Donc, tant qu'il sera au-dessus de l'ennemi, même à de faibles hauteurs, il n'aura que fort peu à craindre et

1. Il n'y a encore qu'une seule pièce au monde qui réponde à ces conditions, le canon français de 155 court Rimailho.

Digitized by Google

pourra faire en toute tranquillité sa besogne de reconnaissance, de destruction et de démoralisation.

Nous pensons même que souvent il aura intérêt à ne pas se tenir haut, car, s'il est très élevé, des canons mis en batterie à 3 ou 4 km. en arrière pourront encore essayer de tirer sur lui, certains que leurs projectiles tomberont en avant de la première ligne ; quand il sera bas, ce ne sera pas possible.

Est-ce à dire que l'artillerie ne puisse pratiquement rien contre le dirigeable ? Aujourd'hui, nous répondrons hardiment oui. Demain, cela pourra changer, car on pourra établir des pièces spéciales pour le tir contre ce nouvel objectif.

Un rédacteur d'un grand journal de Paris, dans le numéro du 11 novembre 1905, a écrit ceci :

« Nous savons tous (?) qu'il y a deux ans, à la première nouvelle des exploits du *Lebaudy,* l'empereur d'Allemagne a commandé un canon spécial monté sur un système à la Cardan qui lui permet d'être pointé rapidement dans toutes les directions de l'horizon, même celle du zénith (!), et que cet engin, du calibre de 70^{mm}, lance des fusées percutantes à répétition et à explosions espacées. Je ne possède pas de renseignements exacts sur la portée, mais j'estime que la zone dangereuse peut comprendre une distance de 2 500 m. »

Cette indication n'est, à notre connaissance, confirmée nulle part. Le fait serait, s'il était exact, assez important pour être connu. Si les Allemands possédaient un semblable canon, il y a longtemps qu'ils l'auraient dit sur tous les tons, afin de tranquilliser l'opinion publique, si déçue des premiers échecs des *Zeppelin* et si inquiète des succès du *Lebaudy* et de son adoption par l'armée. Aussi pensons-nous qu'il s'agit là tout au plus d'un simple projet, qui n'a pas pu, jusqu'ici du moins, être mis à exécution.

L'établissement d'un modèle de canon de système

Digitized by Google

aussi nouveau risque fort d'exiger des années de tâtonnements.

A dire vrai, les Allemands ont bien établi un canon à ballons, mais ce n'est pas hier. C'était en 1870, pendant le siège de Paris : furieux de voir continuellement passer sur leur tête des ballons libres français, ils firent construire à l'usine Krupp un « mousquet à ballons », qui

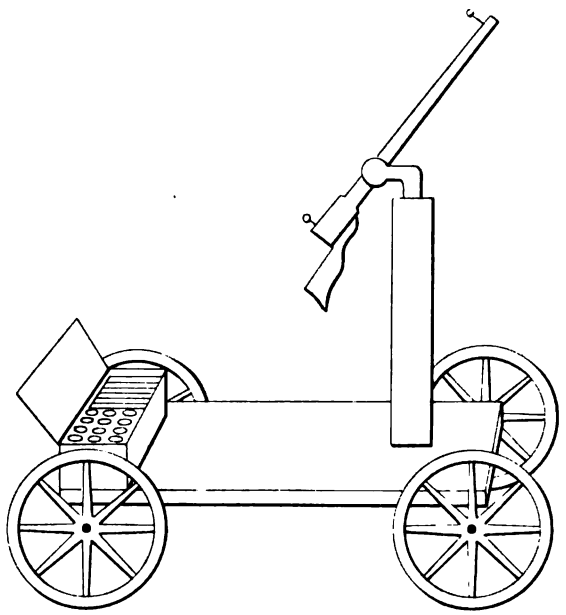


Fig. 135. — Le mousquet à ballons des Allemands en 1870.

existe encore à l'arsenal de Berlin. Dès qu'un ballon était signalé, le mousquet était envoyé dans le vent du ballon. Il a beaucoup tiré, mais n'a jamais atteint aucun aérostat.

Nous ne croyons pas le moment venu d'étudier les moyens d'atteindre et de détruire des dirigeables. Cela n'aura de réel intérêt pour nous que..... lorsque les armées étrangères posséderont des engins de ce genre.

Digitized by Google

En résumé, il n'existe aujourd'hui aucune sorte de pièces capables de tirer avec une efficacité certaine sur nos dirigeables, mais il est possible qu'il en naisse un jour ou l'autre.

Dès maintenant, un coup heureux peut abattre le précieux aéronat.

Si cela lui arrivait, il ne ferait que subir le sort auquel tout le monde est exposé à la guerre.

En tous cas, ce risque, très limité, comme nous venons de le voir, ne peut nullement être un argument capable de faire hésiter dans l'emploi si avantageux de ces nouveaux engins. La perte de l'un d'eux ne serait pas en soi un événement très grave, car un de ces instruments ne risquera jamais que trois ou quatre passagers et 300 000 fr. de matériel. Qu'est-ce en regard des incalculables services que le dirigeable est susceptible de rendre ? Qu'est-ce en regard des quelque quarante millions que coûte un cuirassé à la merci d'une torpille !

Cette vulnérabilité, au contraire, n'est qu'un argument de plus en faveur de son emploi sur un grand pied. Si, au lieu de dirigeables isolés, les armées étaient dotées, comme nous l'avons déjà proposé, de flottilles d'aéronats, au moins par groupes de deux, leurs services perdraient une partie du caractère un peu aléatoire qu'ils auraient aujourd'hui ; on pourrait réellement compter sur eux.

Pourquoi alors l'État n'est-il pas entré plus franchement dans la voie de la construction du dirigeable en en commandant cinq ou six au lieu d'un ? Sans être dans le secret des dieux, il est permis de supposer qu'on a jugé prudent d'attendre encore un peu, car nous sommes à un tournant de page : demain peut-être, comme nous l'avons fait prévoir, des progrès importants seront réalisés. On a peut-être voulu ne pas trop les devancer.

Il est permis néanmoins de supposer que nous garderons l'avance que nous avons actuellement. C'est en France qu'est née l'aérostation avec les Montgolfier ; c'est en

Digitized by Google

France que s'est développé le dirigeable ; c'est en France qu'a été établie la première solution pratique. La France saura sur ce terrain rester à la tête des nations.

Cet élément de supériorité dans les mains du pays qui, malgré sa grandeur et sa force, est devenu un des plus pacifiques, sera donc pour lui une puissante garantie d'indépendance et de paix.

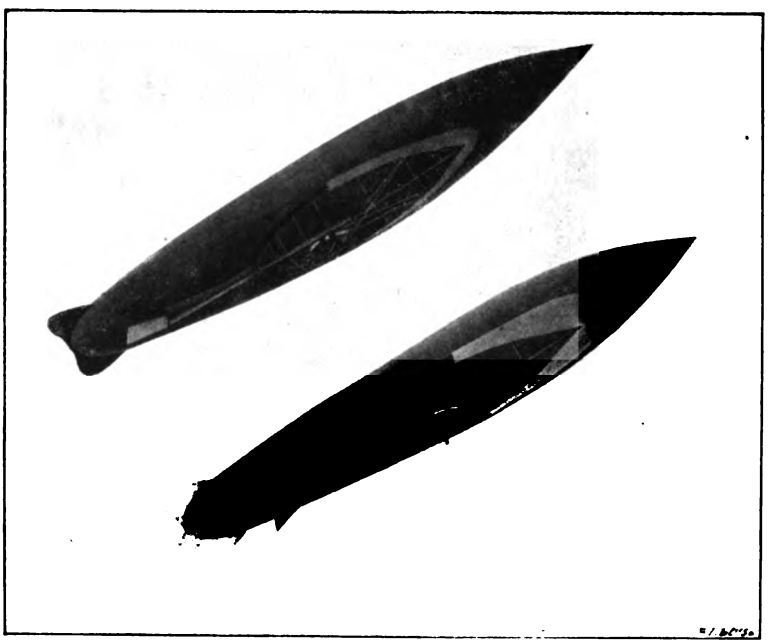


Fig. 136. — L'escadre des dirigeables *Lebaudy* et *Patrie*.

Digitized by Google

PRINCIPAUX NOMS CITÉS

A

Ader, 224, 281.
Aéro-Club de France, 89, 282.
Aérophile, 118, 254, 274, 290.
Aigle, 217.
Allemagne, 179, 191, 261.
Amérique, 176.
Angleterre, 178, 318.
Annonay, 5.
Antoinette, 240.
Archdeacon, 232, 240, 242.
Argus, 292.
Arlandes (marquis d'), 8.
Autriche, 350.
Avion, 224.
Avisol, 152, 250.

B

Babinet, 226.
Bachelard, 274, 282, 288.
Baldwin, 176.
Balsan, 89.
Barton, 178.
Bastier (A.), 282.
Beachy (Lincoln), 178, 295.
Beaumont (comte de), 101.
Bembow, 174.
Berteaux (ministre de la guerre), 117, 120.
Besançon, 89, 98, 104.
Blanchet (G.), 282.
Blériot (H.), 240.
Bois (lieutenant), 116.
Bouttieaux (commandant), 90, 105, etc., 131, 300.
Bradsky (von), 64, 70, 152, 174.
Brianchon, 234.
Brisson, 16.
Brun (général), 120.
Buchet, 199.

C

Campenon (général), 38.
Capello (amiral portugais), 104.
Cardenous, 200.
Carra, 9, 196.
Carton, 300.
Cavendish, 7.
Chalais-Meudon, 31, 212, 232.
Champigny, 308.
Chanute, 232.
Charcot (Dr J.), 297.
Charles, 7.
Chine, 219.
Continental, 277.
Cristal-Palace, 178.
Crocco, 78.
Crocé-Spinelli, 28.
Cyrano de Bergerac (S.), 4.

D

Daimler, 180, 186.
Dandrieux, 227.
Danilewsky, 176.
Dédale, 2.
Deutsch de la Meurthe (H.), 42, 70, 240, 284, 288, 294, etc.
Deutschland, 180.
Drachen-Ballons, 193, 326.

Digitized by Google

Dubuc, 106.
Dufaux, 228.
Dupuis-Delcourt, 173.
Dupuy de Lôme, 22, 27, 38, 56, 58, 68, 70, 74, 290.

E

Eiffel, 89.
Empereur d'Allemagne, 184, 361.
Étienne (ministre de la guerre), 130.

F

Faubert, 212.
Ferber (capitaine), XI, 231, 232, 242, 243, 245.
Flammarion (C.), 28.
Fonvielle (W. de), 28, 89, 166.
France (dirigeable), 31, 58, 66, 68, 72, 75, 77, 92, 152, 201.
Francfort (colonel), 118.
Frassinetti, 200.

G

Gambetta, 307.
Garnerin, 13.
Gaumont, 166.
Gency (commandant), 118.
Genet, 16.
Giffart (H.), 20, 27, 38, 48, 56, 58, 68, 69, 70, 153, 172, 198, 201, 217.
Girardot, 282.
Godard (E.), 217, 226.
Godard (L.), 218, 297.
Gossard (commandant), 120.
Guillié, 18, 152.

H

Hadelin d'Oultremont (comte), 285.
Hænlein, 179.
Hargraw, 240.
Hervé (H.), 288.
Hirschauer (commandant), 90.

I

Icare, 2.
Ingénieurs civils de France (Société des), 131.
Italia, 198, 250, 253, 295.
Italie, 198.

J

Janinet, 16.
Joffre (général), 120.
Juchmès, 85, etc., 105.
Jullien, 19, 153.
Jullien (commandant), 117, 212.
Julliot (H.), IX, XI, 76, 80, 131 et dans tout l'ouvrage.

K

Kapferer, 242, 290.
Kehler (R. von), 192.
Knabenshue, 178.
Knobloch (capitaine), 355.
Krebs (capitaine A.), 31.
Krupp (usine), 362.

L

Lagoubran, 344.
La Haye (convention de), 318.
Lammerville (général de), 120.
Lana, 4.
Landelle (La), 226.
Langley, 232, 234.
Lebaudy (dirigeable), dans tout l'ouvrage.
Lebaudy (Mmes), 97.
Lebaudy (P. et P.), 80, 84, 93, 120, 128, 131.
Lecornu, XI, 4, 14, 19, 68, 219.
Léger, 228.
Lévy, 89.
Lhéritier (colonel), 90.
Lilienthal, 231, 234.
Lindecker (capitaine), 90.
Lœhler, 197.

Digitized by Google

M

Magny, 118.
Maison-Blanche, 178.
Mallet (M.), 274, 282.
Marey, 222, 230.
Marey-Monge, 173.
Marinaki (A.), 178.
Mariotte, 60.
Masfrand (De), xi, 118, 254.
Mas-Latrie (général), 120, 131.
Masse, 9.
Memmer (P.), 173.
Mercédès, 153.
Meusnier (lieutenant), 9, 23, 38, 51, 63, 80, 153, 172.
Michal (général), 120, 124.
Miolan, 16.
Moissan, 212.
Monge, 13.
Montgolfier, 5, 80, 364.
Moore (W.), 298.

N

Nadar, 226.
Napoléon, 13.
Nicolleau (A.), 282.
Nonancourt (général de), 120.

O

Olivier (A.), 152, 250.
Oudard (général), 120.
Ovide, 2.

P

Pamard (général), 118, 120.
Panhard et Levassor, 153.
Papuchon (général), 118, 120.
Parseval (major von), 63, 193, 250, 295.
Parville (H. de), 198.
Patrie (dirigeable), chapitre IV et dans tout l'ouvrage.
Paulus (Mlle K.), 249.
Pénaud, 28, 231, 244.
Pilâtre de Rozier, 7.
Pillet, 253, etc.
Port-Arthur, 316, 356.
Ponton d'Amécourt, 225.
Puteaux, 282.

R

Record Herald House, 303.
Renard (colonel Ch.), xi, 7, 15, 31, 51, 56, 68, 70, 75, 76, 82, 87, 95, 172, 231, 243, 288, 290.
Renard (commandant P.), 38, 87.
Rey, 85, 105.
Richard (capitaine), 118, 131, 212.
Rimailho (commandant), 360.
Ritchell, 178.
Robert, 253, etc.
Robert, 23.
Roi de Portugal, 104.
Roi de Wurtemberg, 184.
Rome, 14.
Rossija, 174.
Roux, 224.
Roze, 173, 251.
Russie, 176, 211.

S

Sachet, 174.
Saint-Fégor (L. de), xi.
Samson, 173.
Santos-Dumont, 40, 58, 64, 70, 75, 80, 173, 175, 194, 201, 228, 238, 242, 244, 273, 290, 294.
Schio (comte A. da), 198, 253.
Schwarz (D.), 180.
Scott, 16, 152, 195.
Sérot-Alméras-Latour (capitaine), 124.
Servière (général), 120.
Sévéro, 174, 180.
Siémens, 29.
Société des ingénieurs civils de France, 131.
Société de géographie de Washington, 298.
Spielmann, 274, 282.
Spitzberg, 298.

Digitized by Google

Suisse, 174.
Surcouf, 85, 258, 290.
Suter, 174.

T

Tatin (V.), 199, 242, 282.
Tegel, 196.
Tempelhof, 180.
Templar (colonel), 178.
Tessière (Mme), 16.
Tissandier (G. et A.), 28, 38, 58, 68, 82, 172.
Tissandier (P), 285.
Toul, 131.

V

Vaulx (comte de La), 89, 90, 153, 242, 274, etc., 297, 305.
Verdun, 132.
Verne (J.), 2.
Ville de Paris, 288, etc.
Vinci (Léonard de), 219.
Visard, 100.
Voisin, 240.
Voyer (capitaine), 90, 105, etc., 131.
Vuia, 140.
Vuibert et Nony, xi.

W

Wellmann, 218, 297.
Wiart (commandant), 105, 124.
Wœlfert, 40, 180.
Wright (frères), 232, 242, 245.

Y

Yon, 27, 152, 153.

Z

Zeppelin (général), 74, 184, 201, 295.

Digitized by Google

TABLE DES GRAVURES

CHAPITRE I

Numéros des gravures		Pages
1.	Projet du père Lana (1670)	5
2.	La montgolfière (1783)	6
3.	Projet de Carra (1784)	8
4.	Projet de ballon à rames de Masse (1785)	10
5.	Projet de Meusnier (1784)	11
6.	Projet de ballon planeur de Scott (1789)	17
7.	Projet de ballon à glissement de Guillié (1816)	18
8.	Ballon dirigeable Jullien (1850) à mécanisme d'horlogerie	19
9.	Ballon dirigeable Giffard (1852) à vapeur	21
10.	Principe de la suspension triangulaire	24
11.	Dirigeable de Dupuy de Lôme (1872) à force musculaire	25
12.	Projet de Yon (1880)	27
13.	Ballon dirigeable de Tissandier (1883) à moteur électrique	29
14.	Ballon dirigeable la *France* de Renard et Krebs, à moteur électrique	30
15.	Le dirigeable la *France* à Meudon (1884)	33
16.	Le dirigeable la *France* vu en pointe	35
17.	La *France*, premier dirigeable qui ait évolué au-dessus de Paris	37
18.	Dirigeable *Santos-Dumont* n° 6 (1901)	41

Digitized by Google

Numéros des gravures — Pages

19. Santos-Dumont gagnant le prix Deutsch (19 octobre 1901). 43
20. Le *Santos-Dumont* n° 6 à Monaco 45
21. Le *Santos-Dumont* n° 9 (1903) 47
22. Le *Santos-Dumont* n° 14 49

CHAPITRE II

23. Influence de la direction du vent sur la marche d'un dirigeable 55
24. Influence de la force du vent sur la marche d'un dirigeable 57
25. Courbe des vents montrant la faculté de marche des dirigeables suivant leur vitesse propre 59
26. Le couple de rappel des dirigeables. 74

CHAPITRE III

27. M. Julliot, créateur du *Lebaudy* et de la *Patrie* . . 81
28. Première ascension du *Lebaudy* (13 novembre 1902). 85
29. Le *Lebaudy* 1902 pendant sa campagne de 1903 . . 88
30. Voyage Moisson-Mantes-Rosny-Moisson (8 mai 1903). 91
31. Le *Lebaudy* 1903 au Champ-de-Mars (12 novembre 1903). 92
32. Les propriétaires du *Lebaudy* assistant à l'atterrissage au Champ-de-Mars 93
33. Le *Lebaudy* sortant de la galerie des machines. . . 94
34. Le *Lebaudy* devant la tour Eiffel. 94
35. Accident du camp de Châlons (juillet 1906) 109
36. Montage du dirigeable à Toul 111
37. Le manège de la Justice, à Toul, aménagé en hangar à dirigeable 113
38. Le *Lebaudy* à l'intérieur du manège de la Justice . 115
39. Vue prise du fond du manège 117
40. Visite du ministre de la guerre (24 octobre 1905). . 119
41. Ascension du ministre de la guerre à bord du *Lebaudy* 121
42. Le *Lebaudy* sortant de la tranchée du manège. . . 123
43. Manœuvre à bras du dirigeable se rendant sur le terrain d'exercices 125
44. « Lâchez tout ! ». 127

Digitized by Google

Numéros des gravures — Pages

45. Retour au manège 129
46. MM. Lebaudy et les officiers de la commission militaire 131
47. Le dirigeable militaire *Patrie* 133

CHAPITRE IV

48. Le dirigeable *Lebaudy* vu de flanc 137
49. Le ballon *Lebaudy* « pied à terre » escaladant le plateau de la Justice 139
50. Sortie du parc 141
51. Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — La plate-forme elliptique et l'arête verticale 145
52. Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — La flèche ou poutre armée 147
53. Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — Les plans déroulables 148
54. Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — Gouvernail horizontal et gouvernail vertical 149
55. Les plans stabilisateurs du *Lebaudy*. — Les papillons de queue 151
56. Le moteur 155
57. Intérieur de la nacelle 157
58. La nacelle et le ventilateur 159
59. La suspension 161
60. Le cadre de poussée du *Lebaudy* 163
61. Arrière de la nacelle. Chargement de l'appareil télé-photographique 165
62. La poupe du dirigeable *Patrie* 167
63. Le *Lebaudy* prêt à ascensionner 169

CHAPITRE V

64. Le dirigeable *Pax* de Sévéro (12 mai 1902) 173
65. La fin du *Pax* (12 mai 1902) 175
66. Le ballon russe *Danilewsky* 177
67. Dirigeable allemand *Hænlein* (1872) 179
68. Dirigeable allemand *Deutschland* de Wœlfert (1897). 181
69. Dirigeable allemand *Schwarz* à enveloppe métallique (1898) 182

Digitized by Google

Numéros des gravures — Pages

70. La nacelle en aluminium du *Schwarz* 183
71. La carcasse en aluminium du *Zeppelin* 185
72. Le dirigeable *Zeppelin* sortant de son hangar flottant (1900) 187
73. Le dirigeable allemand *Zeppelin* évoluant au-dessus du lac de Constance 189
74. Le dirigeable allemand *de Parseval* (1906) 191
75. Le dirigeable italien *Italia* de Da Schio, à ventre élastique (1905) 199

CHAPITRE VI

76. Le parc du *Lebaudy* à Toul 203
77. Le générateur d'hydrogène pur de M. Julliot . . . 205
78. Voiture-tubes d'hydrogène comprimé 207
79. Un ballon-réserve d'hydrogène 209
80. Réparation à un ballon-réserve 215

CHAPITRE VII

81-82. Photographies instantanées de vol d'oiseaux 220
83. Orthoptère *Roux*. Le lancement 222
84. Orthoptère *Roux* au vol 222
85. L'*Avion* d'Ader (1897) 225
86. Jouet spiralifère 226
87-91. Jouets hélicoptères à caoutchouc de Dandrieux. . . 227
92. Hélicoptère *Léger* 229
93. Glissade aérienne de Lilienthal (1893). 231
94. Aéroplane de l'Américain Langley évoluant au-dessus du Potomac (1892) 232
95. Aéroplane *Archdeacon* en glissade aérienne (1904). 233
96. Aéroplane *Archdeacon* à moteur de 16 chevaux . . 235
97. Aéroplane *Ferber* en glissade 236
98. Le premier aéroplane à moteur (capitaine Ferber) qui ait été monté en liberté en Europe 237
99. Aéroplane *Santos-Dumont* enlevé par ses propres moyens (novembre 1906) 239
100. Aéroplane *Blériot et Voisin* (1906). 241
101. Aéroplane *Wright* (1902) 243

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

Numéros des gravures — Pages

102. Projet de ballon planeur l'*Avisol* d'Olivier (1884). . 251
103. Aéronat mixte à double ballon de Roze (1901). . . 253
104. Aéronat mixte *Robert et Pillet* (en construction). . 255
105. Partie mécanique (achevée) de l'aéronat mixte *Robert et Pillet*. 257

CHAPITRE IX

106. Le *Lebaudy* en excursion 265
107. Le *Santos-Dumont* n° 7 évoluant à Longchamps . . 267
108. Autour d'un *Santos-Dumont*. 269
109. Le dirigeable *de La Vaulx* pendant le montage . . 273
110. Le dirigeable *de La Vaulx* n° 1 (1904). 275
111. Le dirigeable *de La Vaulx* n° 2 (1906). 281
112. Le dirigeable la *Ville-de-Paris* (1906) de M. Deutsch de la Meurthe 289
113. La *Ville-de-Paris* en ascension (novembre 1906). . 291
114. Système stabilisateur de la *Ville-de-Paris* (1906). . 293
115. La *Ville-de-Paris* pliée pendant le dégonflement après l'ascension du 11 novembre 1906 295
116-117. Le dirigeable du pôle *Wellmann* (1906). 299
118. Nacelle du dirigeable *Wellmann* (1906) 301

CHAPITRE X

119. Le *Lebaudy* en plein vol, à 40 à l'heure. 307
120. Atterrissage du *Lebaudy*. Lancement du serpent. . 311
121. Atterrissage du *Lebaudy*. Descente, les deux guide-rope à terre. 313
122. Le *Lebaudy* sortant de son antre à demi souterrain. 315
123. Le ballon du *Lebaudy* pendant le dégonflement . . 319
124. Le démontage du *Lebaudy* 321
125. L'enveloppe dégonflée du *Lebaudy* 323
126. Intérieur du manège de la Justice, à Toul, pendant le démontage du *Lebaudy*. 325
127. Installation d'alerte du *Lebaudy*, à Toul, pendant l'année 1906. 327

Digitized by Google

Numéros des gravures		Pages
128.	La flèche, le gouvernail et le papillon du *Lebaudy* .	329
129.	Exemple de reconnaissance que le *Lebaudy* pourrait effectuer en cinq heures.	333
130.	Le *Lebaudy* au-dessus de la place fortifiée de Toul.	337
131.	Le *Lebaudy* en reconnaissance.	341
132.	Au zénith	346
133.	Le *Lebaudy* vu de l'avant.	349
134.	Le *Lebaudy* vu de l'arrière	353
135.	Le mousquet à ballons des Allemands en 1870. . .	362
136.	L'escadre des dirigeables *Lebaudy* et *Patrie*. . . .	364

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Avant-propos v
Lettre-préface de M. Julliot ix
Ouvrages consultés xi

PREMIÈRE PARTIE

L'OUTIL

CHAPITRE PREMIER

Les débuts

Avant Montgolfier 1
La montgolfière ; le ballon libre 5
Projets de dirigeables de Carra, Masse et Meusnier 9
Antipathie de Napoléon 13
Les trois grandes difficultés du problème 15
Projets de Genet, Tessière, Scott et Guillié 16
Le dirigeable de Jullien 19
Les dirigeables de Giffard 20
Efforts de Dupuy de Lôme 22
Projet de Yon 27
Aéronat de G. et A. Tissandier 28
La *France* de Renard et Krebs 31
Les quatorze *Santos-Dumont* 39

CHAPITRE II

Quelques notions

Vent et vitesse propre : influence de la direction et de la force du vent ; statistique des vents 51
Rôle du ballonnet ; équilibre vertical 60

Digitized by Google

Pages
Les sources de force ; importance de la légèreté du moteur. 65
Procédés de stabilisation ; couples de rappel ; plans d'empennage ; à qui les devons-nous ? 69

CHAPITRE III

Le dirigeable « Lebaudy ». — Son histoire

La première conception 80
La mise à exécution 84
Les soixante-trois ascensions des six campagnes techniques 1902-1904 86
Les campagnes d'utilisation militaire : raid du camp de Châlons ; expériences de Toul ; ascension du ministre . . 105
Acquisition par l'État ; commande de la *Patrie* 128

CHAPITRE IV

Les dirigeables « Lebaudy » et « Patrie ». — Description

Le ballon ; enveloppe, gaz. 135
Les plans stabilisateurs 144
La propulsion, moteur et hélices. 153
La nacelle. 156
La suspension 160
Les accessoires. 164
Caractéristiques des dirigeables de Julliot. 168

CHAPITRE V

Les efforts de l'étranger

Catastrophes de Sévéro et de Bradsky 172
Russie : Rossija et Danilewsky 176
Suisse : Suter 176
Amérique : Benbow, Baldwin, Knabenshue, Ritchel, Lincoln Beachy 176
Angleterre : Spencer, Barton, Templar, Marinaki 178
Allemagne : Hænlein, Wœlfert, Schwarz, les trois dirigeables de Zeppelin, la Motorluftschiff-Studiengesellschaft ; le *Parseval*. 179
Italie : *da Schio* 198
Tableau comparatif des caractéristiques des principaux dirigeables 201

Digitized by Google

CHAPITRE VI

Quelques prévisions

Pages
Les imperfections des dirigeables 202
Question du réapprovisionnement en gaz ; l'hydrogène liquide et l'hydrolithe 204
La question du volume 215

CHAPITRE VII

Le plus lourd que l'air

Orthoptères : Ader, Roux ; impossibilité de l'imitation exacte des oiseaux 218
Hélicoptères : les jouets, Ponton d'Amécourt, Léger, Dufaux. 225
Aéroplane : Lilienthal, Langley, Archdeacon, Ferber, Santos-Dumont, Blériot, les frères Wright. 230
Les difficultés et l'avenir des appareils d'aviation 245

CHAPITRE VIII

La solution mixte

Transformations progressives 250
L'avisol d'Olivier. 250
Le ballon double de Roze. 251
Aéronat Robert et Pillet 253

DEUXIÈME PARTIE

LE RÔLE DU DIRIGEABLE

CHAPITRE IX

Le dirigeable comme instrument de trafic, de sport et de science

Trafic : intérêt commercial et industriel des véhicules aériens. 263
Sports : Attraits du dirigeable ; conditions à remplir ; courses. 266
Dirigeable *de La Vaulx* 274
La Ville-de-Paris de Deutsch de la Meurthe. 288
Sciences : expéditions aux pôles ; la tentative de Wellmann ; projet de La Vaulx. 296

Digitized by Google

CHAPITRE X

Le dirigeable dans l'armée et la marine

Pages
Les communications 306
Artillerie aérienne : effets à attendre, matériels ou moraux ; tirs contre ballons ; délestage ; question de droit. 310
Reconnaissance : faculté d'observations ; parcours possibles ; rôle avant, pendant, après la bataille ; importance de la découverte des réserves 325
Rôle dans les places assiégées et dans les armées de siège. 336
Difficultés d'emploi. 339
Nombre de dirigeables nécessaire. 342
Emploi dans la guerre navale 343

CHAPITRE XI

Vulnérabilité du dirigeable

La lutte de dirigeables contre dirigeables 347
La balle de fusil 348
L'artillerie de campagne 352
L'artillerie de siège. 359
Engins spéciaux 361

Table des principaux noms cités. 367
Table des gravures. 369
Table des matières. 375

Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie

Digitized by Google

BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

PARIS, 5, rue des Beaux-Arts — Rue des Glacis, 18, NANCY

Évaluation des distances. *Reconnaissance des objectifs et du terrain,* par le général PERCIN. 1905. Brochure in-8 de 55 pages, avec une planche. . . . . **60 c.**

Jiu-Jitsu. *Méthode d'entraînement et de combat qui a fait des Japonais les adversaires les plus redoutables du monde,* par IRVING HANCOCK. Traduit par le chef d'escadron d'artillerie L. FERRUS, ancien élève de l'École des langues orientales, et le capitaine d'artillerie J. PESSEAUD. 1905. Un volume in-12, avec 19 planches photographiques d'après nature, broché . . . . . **3 fr. 50**
Élégamment relié en percaline souple gaufrée or . . . . . **4 fr. 50**

Le Jiu-Jitsu et la Femme. *Méthode japonaise d'entraînement physique pour les femmes,* par les mêmes auteur et traducteurs. 1906. Un volume in-12, avec 32 planches photographiques d'après nature, broché sous couverture illustrée . . . . . **3 fr. 50**
Élégamment relié en percaline souple gaufrée or . . . . . **4 fr. 50**

La Force physique. *Culture rationnelle. Méthode Attila. Méthode Sandow. Méthode Desbonnet.* La santé par les exercices musculaires mis à la portée de tous, par DESBONNET, professeur, fondateur des écoles de culture physique de Lille, Roubaix, Paris. 5e édition. 1906. Un volume in-8, avec 89 figures, broché . . . . . **5 fr.**
Élégamment relié en percaline gaufrée or . . . . . **6 fr.**

Le Mouvement et les Exercices physiques. *Leçons pratiques sur les systèmes osseux et musculaire.* par le Dr L. E. DUPUY, médecin de l'hôpital de Saint-Denis. Introduction par le Dr DASTRE, professeur de physiologie à la Faculté des sciences de Paris. 1893. Volume in-8 de 358 pages, avec 139 figures, broché . . . . . **5 fr.**

Règlement sur l'Instruction de la Gymnastique, approuvé le 22 octobre 1902. Un volume in-8 étroit, avec 350 figures, cartonné. . . . . **1 fr.**
Percaline souple gaufrée or . . . . . **1 fr. 25**
— **Annexes.** *I. Notions de physiologie. II. Jeux en plein air. III. Description du matériel, gymnastique et natation.* 1905. Un volume in-8 étroit, avec 3 planches et 4 figures, cartonné. . . . . **1 fr.** — Percaline souple gaufrée or. . . . . **1 fr. 25**

Manuel d'Exercices gymnastiques et de Jeux scolaires. Publication du ministère de l'instruction publique et des beaux-arts. 1891. Joli volume in-8, avec nombreuses vignettes, cartonné. . . . . **2 fr. 50**

De l'Aptitude physique et de ses modifications *sous l'influence des exercices militaires et des marches en pays de montagnes.* Études sur le recrutement et l'examen des hommes du 12e bataillon de chasseurs à pied, par le docteur RIGAL, médecin-major. 1882. Grand in-8, broché . . . . . **1 fr. 50**

Manuel de Ski, par le docteur W. PAULCKE, membre du jury aux concours de ski de Feldberg, de Glaris, d'Adelboden, etc. Traduit de la 3e édition allemande par F. ACHARD, ingénieur, membre des ski-clubs Berne et Zurich. 1905. Un volume in-12 de 173 pages, avec 68 figures et 4 planches, broché . . . . . **2 fr. 50**

Glycogénie et Alimentation rationnelle au Sucre. *Étude d'hygiène alimentaire sociale et de rationnement du bétail,* par J. ALQUIER, ingénieur-agronome, chimiste-expert près les tribunaux de la Seine, et A. DROUINEAU, médecin-major. 1904. Deux volumes grand in-8 de 736 pages, avec 30 figures et graphiques, brochés . . . . . **12 fr.**

Valeur et Rôle alimentaires du Sucre chez l'homme et chez les animaux (*Le sucre et l'énergie musculaire chez le soldat. Le sucre et l'alimentation du cheval, etc.*), par Louis GRANDEAU, directeur de la station agronomique de l'Est. 1903. Un volume grand in-8, broché . . . . . **3 fr.**

Chasse et Pêche en France, par L. BOPPE, directeur honoraire de l'École nationale forestière, membre du Conseil supérieur de l'agriculture. 2e édition. 1904. Un volume in-12 de 309 pages, avec figures et graphiques en couleurs, broché . . . . . **1 fr. 50**

Voyage en France, par ARDOUIN-DUMAZET. 51 volumes (dont 45 parus) in-12 d'environ 400 pages avec cartes. — Chaque volume broché . . . . . **3 fr. 50**
Relié en percaline souple, tête rouge . . . . . **4 fr.**

Ouvrage couronné par l'Académie française, les Sociétés de géographie, le Touring-Club, etc. — Envoi gratuit du Catalogue détaillé de la collection.

Digitized by Google

BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS
PARIS, 5, rue des Beaux-Arts — Rue des Glacis, 18, NANCY

F. FERBER, capitaine d'artillerie

LES PROGRÈS DE L'AVIATION DEPUIS 1891
PAR LE VOL PLANÉ

Deuxième édition. 1905. In-8, 55 pages, avec 44 figures, broché . . . **2 fr.**

LES PROGRÈS DE L'AVIATION PAR LE VOL PLANÉ
Pas à Pas - Saut à Saut - Vol à Vol

1906. In-8, 63 pages, avec 48 figures, broché . . . . . **2 fr.**

Les Cerfs-Volants et leurs applications militaires, par Th. Bois, lieutenant du génie. 1906. Volume in-8 de 200 pages, avec 99 figures, broché . . . . . **3 fr.**

Les Appareils d'aviation expérimentés en 1905 en Europe, par P. Lucas-Girardville, capitaine d'artillerie. 1906. In-8, avec 10 figures, broché . . . . **75 c.**

Essai sur la Navigation aérienne. *Aérostation, Aviation,* par G. Lapointe, enseigne de vaisseau. 1896. Un volume in-8 . . . . . **3 fr. 50**

Étude sur la Navigation aérienne, par le capitaine P. Girardville. 1899. Brochure in-8, avec 30 figures. . . . . **1 fr.**

Des Ascensions aéronautiques libres en pays de montagnes *et particulièrement à Grenoble,* par le lieutenant J. Voyer. 1891. In-8, avec figures, br. **1 fr. 50**

Les Pannes en Automobile. *Leurs méfaits ; leurs remèdes ; ce que doivent contenir les coffres d'une voiture automobile,* par H. Genty, capitaine d'artillerie. 3e édition, revue et augmentée. 1907. In-8, 72 pages, avec 6 figures, broché . . . . . **1 fr. 50**

Les Automobiles à l'Exposition de 1900. Extrait du *Rapport de la Commission militaire de l'Exposition universelle de 1900.* 1903. Un volume grand in-8 de 364 pages, avec 336 figures, broché . . . . . **7 fr. 50**

Curiosités cyclistes et automobiles. *Roue libre. Bicyclettes et tandems à pétrole. L'invention de la locomotion automobile,* par L. Ferrus, chef d'escadron d'artillerie. 1904. Brochure in-8, avec 10 figures et 2 planches hors texte . . . . . **2 fr.**

Curiosités cyclistes. *Bicyclette percutante à une et à deux vitesses.* par le même. 1904. Brochure in-8, avec 9 figures . . . . . **1 fr.**

La Bicyclette rétro-directe, par le capitaine E. Perrache. 3e tirage. 1906. In-8, avec 16 figures, broché . . . . . **1 fr.**

Étude sur la Bicyclette, par J. Paloque, capitaine d'artillerie. 1896. Brochure in-8, avec 32 figures dans le texte et 2 planches in-folio hors texte . . . . . **2 fr.**

La Roue, *Étude paléo-technologique,* par F. Forestier, inspecteur général des ponts et chaussées, professeur du cours de routes à l'École des ponts et chaussées. 1901. Un vol. grand in-8, avec 161 figures, broché . . . . . **3 fr.**

Dix ans de Touring-Club, par le docteur Léon Petit. 1904. Un volume in-12 de 314 pages, broché . . . . . **3 fr.**

Code du Cycliste, par Léon Garnier et Paul Dauvert. (Taxe sur les vélocipèdes. Circulation. Vélocipédie militaire. Télégraphe.) 1895. Un volume in-12, broché . . . . **2 fr.**

Automobiles et Vélocipèdes. *Réglementation. Réclamations. Renseignements divers, etc.* Extrait de l'ouvrage *Demandes et Réclamations administratives,* par M. Boivin, sous-préfet, et Ch. Ferry, secrétaire-greffier du conseil de préfecture. 1901. Plaquette in-18, brochée . . . . . **60 c.**

Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

Digitized by Google

Eng 5509.07.19
La conquete de l'air;
Cabot Science 006532558
3 2044 091 971 002

Digitized by Google